

Von der Ampulle zum komplexen HMT-System

Teil 6: Halbmikrotechnik in der Elektrochemie II: Galvanische Elemente

A. Schad

Es werden Möglichkeiten vorgestellt, Halbzellen für den Aufbau galvanischer Elemente mit Elektrolytvolumina von 2 bis 5 mL zu realisieren und dadurch die anfallenden Abfallmengen gegenüber den üblichen Versuchen in Bechergläsern bedeutend zu reduzieren. Die beschriebenen Ansätze lassen sich in das HMT-Experimentiersystem integrieren [1–5].

1 Einleitung

Neben Elektrolysen, deren Realisierung im Halbmikromaßstab in [5] dargestellt wurde, sind vor allem galvanische Elemente zentrale Experimentierfelder der Elektrochemie im Unterricht der Sekundarstufen I und II. Da die meisten im schulischen Bereich verwendeten Metallhalbzellen Elektrolytlösungen enthalten, die als umweltgefährdend einzustufen sind, ist gerade in diesem Zusammenhang die Frage der anfallenden Abfallmengen von Bedeutung.

Bei Durchsicht der üblichen Experimentalliteratur findet man meist Vorschläge, Halbzellen in Bechergläsern zu

realisieren. Nicht selten werden dabei Volumina von mehr als 100 mL pro Halbzelle angegeben, was bei Schülerübungen mit angenommenen 12 Arbeitsgruppen zu Abfallmengen im Bereich von ca. 2400 mL umweltschädlicher Lösungen führt.

Im Rahmen der Entwicklung des Experimentiersystems für die Halbmikrotechnik an der Liebfrauenschule in Oldenburg habe ich mehrere Möglichkeiten realisiert, mit denen die Volumina an Elektrolytlösungen für eine Halbzelle auf bis zu 2 mL vermindert werden können.

In den letzten Jahren sind verschiedentlich auch an anderer Stelle Vorschläge zur Durchführung elektrochemischer Reak-

tionen in bedeutend kleineren Volumina vorgestellt worden. Besonders hinzuweisen ist auf Möglichkeiten, Halbzellen in Kulturschalen [6] oder sogar Blisterpackungen von Tabletten zu realisieren, wie etwa auf der Webseite www.micrecol.de (Autor P. Schwarz u. a.) vorgeschlagen.

2 Galvanische Zellen im Halbmikromaßstab

2.1 Halbzellen aus Polystyrol-Reagenzgläsern

Der erste Ansatz bestand darin, statt der üblichen Bechergläser für die Halbzellen modifizierte Polystyrol-Reagenzgläser zu verwenden.

In diese Reagenzgläser (ca. 16×100 mm) wird etwas seitlich, aber im Bereich der Bodenkrümmung mit einem heißen Nagel ein Loch von ca. 2 mm Durchmesser geschmolzen. Die so perforierten Reagenzgläser (s. Abb. 2) werden dann dicht an dicht in ein passendes Gefäß gestellt. Danach wird über einen Trichter so viel KNO_3 -Agar (1 mol/L KNO_3 , 2% Agar, in der Mikrowelle aufkochen und heiß einfüllen) eingefüllt, bis das Gefäß ca. 2 cm hoch gefüllt ist. Bis zur Benutzung der Halbzellen verbleiben die Polystyrol-Reagenzgläser in dem Gefäß, das in einem abgedeckten Aquarium in wassergesättigter Atmosphäre aufbewahrt wird, um ein Austrocknen und Schrumpfen des Agar-Gels zu verhindern. Es hat sich gezeigt, dass bei dieser Aufbewahrung nur selten Pilz- oder Bakterienwachstum auf dem Gel zu erkennen ist. Dies ließe sich wahrscheinlich generell vermeiden, wenn in regelmäßigen Abständen in der Mikrowelle aufgeköcht würde oder wenn geeignete Biozide zugesetzt würden.

Nach dem Aushärten des Agars lassen sich die Reagenzgläser bei Bedarf leicht

aus dem Gelbett herausdrehen und enthalten dann einen flüssigkeitsdichten Pfropfen von KNO_3 -Agar.

Für die Herstellung der Halbzellen werden nun mit einer Spritze jeweils 3–5 mL der entsprechenden Elektrolytlösung in die Agar-Röhrchen eingefüllt.

Als Elektroden dienen passende Blechstreifen (Fe, Cu, Zn, Pb) bzw. Drähte (Ag, Ni) mit Telefonbuchsen (4 mm) als Anschlüssen für Messleitungen. Die Länge der Elektroden ist dabei so zu bemessen, dass sie bei Aufliegen der Telefonbuchsen auf dem Reagenzglasrand nicht den Agar-Verschluss berühren.

Die hergestellten Halbzellen lassen sich kombinieren, indem man bis zu 3 Halbzellen in ein 50 mL-Becherglas stellt (s. Abb. 1), in das noch ca. 10 mL 1 mol/L Kaliumnitrat-Lösung eingefüllt wird, wodurch die leitende Verbindung zwischen den Agar-Verschlüssen als Stromschlüssel hergestellt wird. Um zu vermeiden, dass das Becherglas etwa durch Zug an den Messleitungen o.Ä. kippt, sollte es auf dem Stativfuß stehend mit Klammer und Muffe an einem Standard-Stativ oder mit einer passenden Federstahlklammer am HMT-Stativ befestigt werden.

Die Messung der Potenzialdifferenz erfolgt über ein hochohmiges Digitalvoltmeter.

Von Vorteil ist, dass bei diesem Aufbau eine ganze Reihe von Halbzellen für eine konkrete Versuchsreihe vorbereitet und in einem Reagenzglasgestell bzw. -block abgestellt werden kann, bevor die eigentliche Messprozedur beginnt.

Ein weiterer Vorteil besteht in dem mit 3 bis 5 mL kleinen Volumen der Elektrolytlösungen pro Halbzelle.

2.2 Halbzellen aus Doppelstegplatten

Bei der zweiten Variante von Halbzellen für die Elektrochemie im Halbmikromaßstab wird wiederum KNO_3 -Agar als Stromschlüssel verwendet. Im Unterschied zur ersten Variante ist aber keine Kaliumnitrat-Lösung mehr notwendig, da die benachbarten Zellen als Zellenbatterien mit einem gemeinsamen Verschluss aus KNO_3 -Agar aufgebaut sind.

Die Zellenbatterien werden aus Kunststoff-Doppelsteg-Platten hergestellt, wie sie zum Bau von Vordächern und Gewächshäusern verwendet werden. Reststücke sind in entsprechenden Firmen meist kostenlos zu bekommen. Aus Resten von Platten mit 1 cm Stärke und einem Abstand der Stege von ca. 1 cm werden quer zur Richtung der Stege 5 cm breite Streifen mit einer Stich- oder Band-

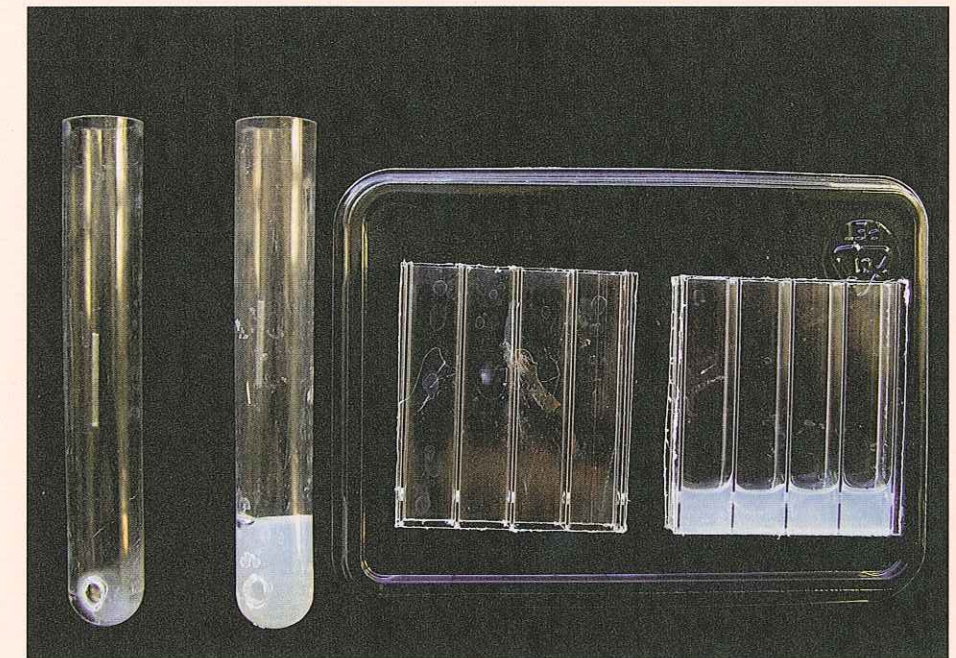


Abb. 2: von links nach rechts: Polystyrol-Reagenzglas ohne Agar-Verschluss, Polystyrol-Reagenzglas mit Agar-Verschluss, Zellenbatterie mit Bohrungen, aber ohne Gelverschluss, Zellenbatterie mit Gelverschluss.

säge abgeschnitten. Aus diesen Streifen werden jeweils Stücke von ca. 4,2 cm Breite so abgetrennt, dass Stücke mit jeweils vier Zellen entstehen (s. Abb. 2), die durch Kunststoffstege getrennt sind. Diese Zellen von etwa 1 cm² Querschnitt und 5 cm Höhe werden später als Halbzellen genutzt.

Um sie nach unten flüssigkeitsdicht abzuschließen und gleichzeitig einen gut funktionierenden Stromschlüssel zu realisieren, werden die trennenden Stege zwischen den Zellen einer Batterie ca. 4 mm

vom unteren Rand mit einem 3 mm Bohrer durchbohrt, sodass nach dem Befüllen mit KNO_3 -Agar in einem Diakasten alle Zellen untereinander über KNO_3 -Agarbrücken verbunden sind.

Für die Messung wird eine Zellenbatterie mit einer speziellen Klammer an dem HMT-Stativ befestigt und in eine kleine Kunststoffwanne gestellt, um evtl. doch aussickernde Elektrolytlösung aufzufangen.

Die Elektrolytlösungen (je ca. 2 mL) können mit Einmalpipetten eingebracht

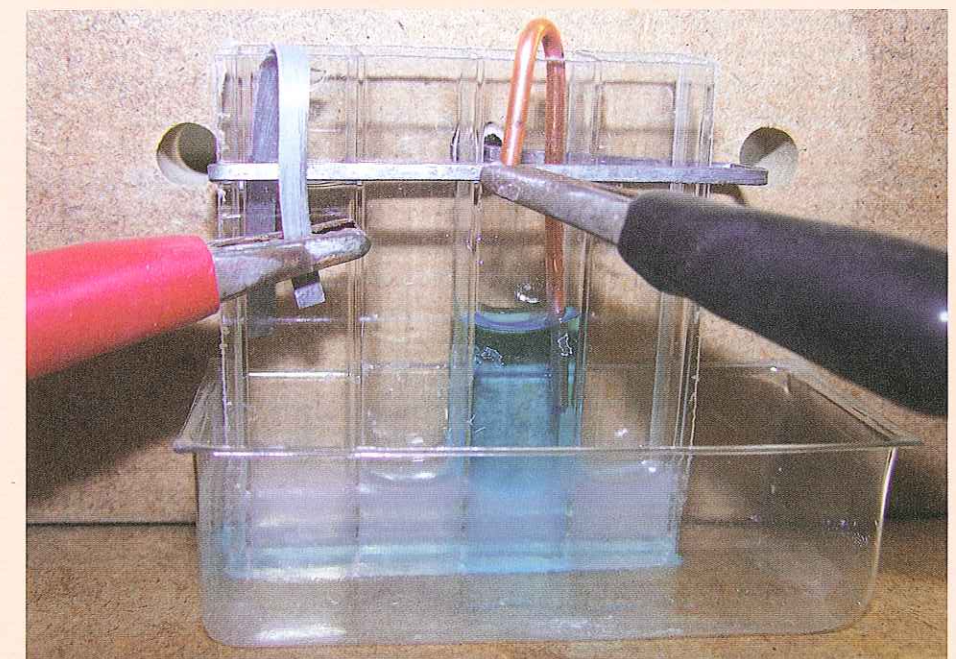


Abb. 3: Galvanische Zelle (hier $\text{Zn}/\text{Zn}^{2+}/\text{Cu}/\text{Cu}^{2+}$) in einer Zellenbatterie aus Doppelstegplatten am HMT-Stativ.

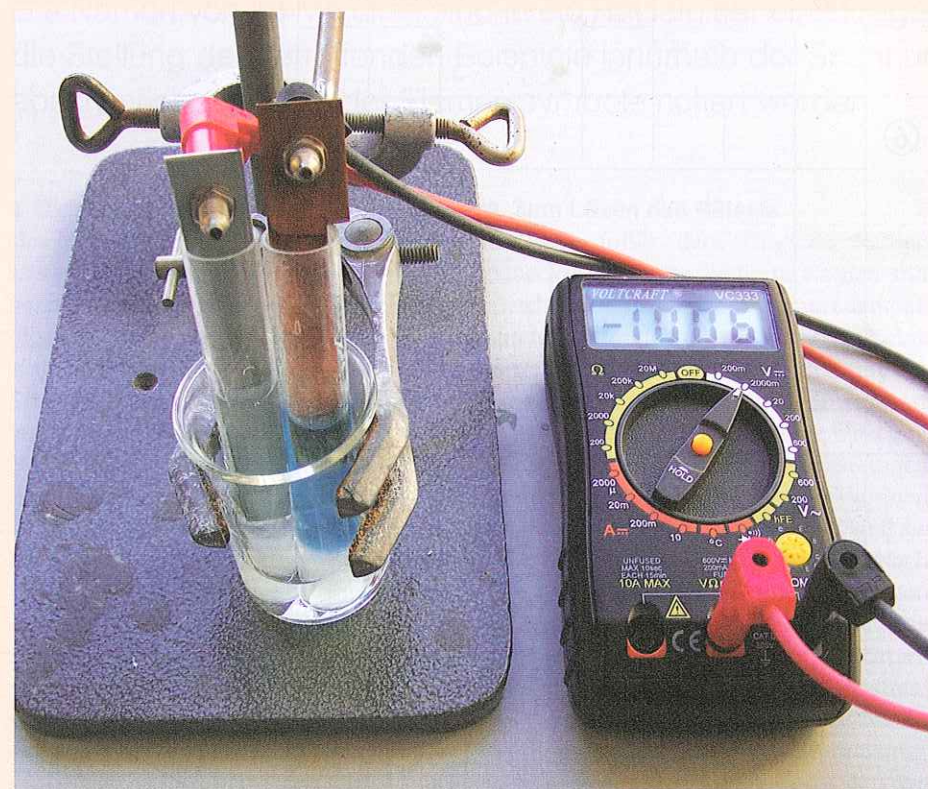


Abb. 1: Galvanisches Element aus Polystyrol-Reagenzgläsern in einem 50 mL-Becherglas am Standardstativ mit Klammer und Muffe befestigt.



Abb. 4: Strohhalm-Halbzelle und Kombination von Strohhalmhalbzelle mit einer Platinelektrode, die in eine Kugelschreibermine eingeklebt ist. Mit einer passenden Klammer lassen sich beide gemeinsam am Galgenstativ [2] befestigen.

werden. Als Elektroden dienen entsprechende Drähte oder schmale Blechstreifen (Cu, Zn, Pb, Ag, Fe, Ni) von 5 cm Länge, die im Verhältnis 2 cm zu 3 cm spitzwinklig gebogen werden. Beim Einsetzen der Elektroden reitet dann der Winkel auf dem Rand der Kammer auf, das längere Ende dient als Elektrode und kann so den unteren Gelabschluss nicht beschädigen (s. Abb. 3). Das kürzere Ende dient zum Abgreifen der Potentiale mit Anschlussleitungen, die am einen Ende eine Abgreifklemme und am anderen einen Bananenstecker mit Querloch tragen, wie sie in einem früheren Aufsatz dieser Reihe beschrieben sind [5]. Die Bananenstecker werden links und rechts in die entsprechenden Löcher an den beiden Schmalseiten des HMT-Stativs gesteckt. Die Verbindung zum Spannungsmessgerät erfolgt dann über normale Messleitungen, die am Messgerät und in den Querlöchern der Anschlussleitungen eingestöpselt werden.

2.3 Halbzellen aus Strohhalmen

Bei einer dritten Variante werden Strohhalme zu Halbzellen umgebaut. Dazu werden dicke Strohhalme an einem Ende in einer kleinen Flamme erwärmt und mit einer Zange zusammengedrückt. In der Nähe dieses Verschlusses werden mit einer heißen Nadel oder einem Draht mehrere Löcher erzeugt (s. Abb. 4). Die so präparierten Strohhalme werden in der gewünschten Zahl in ein passen-

des Gefäß, z. B. ein Filmdöschen, gestellt und ca. 3 cm hoch mit Kaliumnitrat-Agar (s. o.) ausgegossen. Nach dem Erkalten können die Strohhalme einzeln entnommen werden, mit 1 bis 2 mL Elektrolytlösung gefüllt und mit einer passenden Drahtelektrode mit Telefonbuchse versehen werden. Diese Halbzellen dienen als Vergleichshalbzellen und erlauben in Verbindung mit einer Platin-Elektrode, deren Aufbau schon in [4] beschrieben ist, die Messung von Potentialen homogener Redoxsysteme (z. B. $\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}^{3+}$). Damit ist auch die potentiometrische Verfolgung von Redox-titrationen möglich (s. a. [4]).

Entsprechend lassen sich auch aus Kautschukhüllen oder – wie an anderer Stelle vorgeschlagen – auch aus Pipettenspitzen aus Kunststoff – Halbzellen aufbauen, die mit sehr kleinen Volumina von Elektrolytlösungen auskommen.

Mit diesen Konstruktionen lassen sich alle klassischen Kombinationen von Halbzellen unter Benutzung von kleinen Volumina von Elektrolytlösungen realisieren. Bei 12 Arbeitsgruppen werden je Halbzellentyp weniger als 50 mL Elektrolytlösung für ein Schülerexperiment verbraucht, insgesamt summiert sich die Abfallmenge bei angenommenen vier Halbzellen auf 100 bis 200 mL umweltbelastender Lösungen. Damit wird eine erhebliche Reduktion der anfallenden Abfallmengen erreicht.

3 Zusätzliche Kosten der Ausbaustufe

Die Reagenzgläser aus Polystyrol kosten ca. 2,70 €/100 Stück; benötigt werden pro Arbeitsplatz maximal zehn Reagenzgläser, wodurch Kosten von 0,27 € pro Arbeitsplatz entstehen.

Die Bechergläser (50 mL) gehören zur Standardausstattung der Chemiesammlung.

Die Kammern aus Doppelstegplatten lassen sich aus Reststücken herstellen. Auch die Strohhalme sind billiges Verbrauchsmaterial. Die entsprechenden Klammern werden aus Abfallmaterial hergestellt, das in [2] beschrieben ist. Die kleinen Kunststoffwannen sind Teile von Display-Packungen aus Kunststoff, in denen – je nach Saison – Weihnachtsmänner oder Osterhasen aus Schokolade angeboten werden. Diese sind kostenlos zu bekommen. Hier fallen daher Kosten von maximal 0,20 € pro Arbeitsplatz an.

Die Kosten für die Platinelektrode, deren Bau im Prinzip in [4] beschrieben ist, sind dort schon berücksichtigt.

Damit ergeben sich für diese Ausbaustufe ca. 0,50 € pro Arbeitsplatz. ■

Literatur

- [1] A. Schäd, Von der Ampulle zum komplexen HMT-System I – Preiswerte Gasentwickler und Gasspeicher für die Halbmikrotechnik im Eigenbau. PdN-ChiS 60 (5), S. 44 (2011)
- [2] A. Schäd, Von der Ampulle zum komplexen HMT-System II – Ein preiswertes Halte- und Stativsystem für die Halbmikrotechnik im Eigenbau. PdN-ChiS 60 (6), S. 36 (2011)
- [3] A. Schäd, Von der Ampulle zum komplexen HMT-System III – Preiswerte Heiz- und Kühlgeräte für die Halbmikro-Technik im Eigenbau. PdN-ChiS 60 (7), S. 42 (2011)
- [4] A. Schäd, Von der Ampulle zum komplexen HMT-System IV – Preiswerte Magnetrührer und Mikrobüretten für die Halbmikrotechnik im Eigenbau. PdN-ChiS 61 (2), S. 35 (2012)
- [5] A. Schäd, Von der Ampulle zum komplexen HMT-System V – Halbmikrotechnik in der Elektrochemie I: Leitfähigkeitsmessung und Elektrolyse. PdN-ChiS 61 (1) im Druck (2012)
- [6] E. Scheiber, Redox- und Elektrochemie – klein aber fein, Chemie & Schule 25 (1), S. 10 (2010)

Anschrift des Verfassers

StR i. R. Dipl. biol. Albert Schäd, Am Turm 23a, 26180 Rastede, E-Mail: albertschad@aol.com

Die Chemie des Schwefels und seiner Verbrennungsprodukte

Eine experimentelle Unterrichtskonzeption zum Themenfeld Säuren und Säurestärke im Rahmen des ChemCi-Projekts – inszeniert und illustriert an Szenen aus dem Spielfilm Dante's Peak

I. Rubner, N. Kunze, M. Oetken und J. Friedrich

Das Projekt ChemCi

Im Rahmen des Projekts Chemistry and Cinema (ChemCi) werden experimentell ausgerichtete Unterrichtskonzeptionen im Kontext von Spielfilmen entwickelt, die schulpraktisch erprobt und evaluiert werden. Dabei dienen Filmsequenzen, aus deren Inhalt naturwissenschaftliche Fragestellungen entwickelt werden können, als Verankerung für relevante Themenfelder des Chemieunterrichts.

Neben dem Ziel, bei den Lernenden eine höhere Motivation für die Auseinandersetzung mit naturwissenschaftlichen Themen zu erreichen, erwarten wir durch die Beschäftigung mit naturwissenschaftlichen Fragestellungen im Kontext von Filmsequenzen einen höheren und nachhaltigeren Lernzuwachs. Ferner rechnen wir damit, dass Lernende durch ChemCi-Konzeptionen ihr Wissen besser anwenden und nutzen können.

Der lerntheoretische Hintergrund basiert auf dem Anchored-Instruction-Ansatz, der an den gemäßigten Konstruktivismus angelehnt ist und bei dem die Förderung der Situietheit und des Anwendungsbezugs beim Lernen verfolgt wird.

Bereits in den 80er Jahren hat die Cognition und Technology Group (CTGV) an der Vanderbilt Universität diesen Ansatz entwickelt. Die Gruppe erarbeitete für den mathematischen Fachbereich Lehrfilme, in denen die Lerninhalte in einen Erzählkontext eingebettet wurden [8].

Im Rahmen unseres modifizierten Anchored-Instruction-Ansatzes werden bereits vorhandene Spielfilme bzw. Filmausschnitte als Ankermedien eingesetzt, die unterrichtsrelevante, naturwissenschaftliche Inhalte aufweisen. Durch den immensen Fundus an Filmmaterial lassen sich auf der Basis dieses Ansatzes verschiedenste Themenfelder des Chemiecurriculums erarbeiten.

Im Folgenden wird eine Unterrichtskonzeption für die Jahrgangsstufe 12 vor-

gestellt, die am Spielfilm *Dante's Peak* verankert ist. Inhaltlich werden dabei die Themenfelder Entstehung von Säuren, die Wirkung von Säuren und die Säurestärke behandelt sowie das chemische Gleichgewicht gefestigt. Die Konzeption umfasst einen Zeitrahmen von 6–8 Unterrichtsstunden und wurde in verschiedenen Pilotstudien erprobt und hinsichtlich Motivation und Lernzuwachs evaluiert.

Die Unterrichtskonzeption

Vor dem Einstieg in die Unterrichtskonzeption erfolgt vorab eine geleitete Internetrecherche, bei der die Schüler als Hausaufgabe Fragen rund um die Thematik Vulkanismus bearbeiten.

Den Schülern wird in der ersten Unterrichtsstunde die Rahmenhandlung des Films erläutert.

Dante's Peak ist ein Katastrophenfilm aus dem Jahre 1997, für den der dramatische Vulkanausbruch des Mt. St. Helens in der Nähe Seattles die Grundlage bot (Abb. 1). In den Hauptrollen spielen Pierce Brosnan als Vulkanologe und Linda Hamilton als Bürgermeisterin des kleinen Städtchens *Dante's Peak*, welches am Fuße eines schlafenden Vulkans liegt. Der Vulkanologe wurde beauftragt, die Aktivität des Vulkans zu untersuchen, da ein Ausbruch die idyllische Kleinstadt restlos auslöschen würde.

Den Schülern werden nun geeignete Sequenzen gezeigt, die in die eingangs beschriebene Thematik einführen sollen. Szenen 1a/b (0:11:25 – 0:12:18 und 0:19:45 – 0:20:18): Hier sieht man ein Liebespaar in einer heißen Quelle baden. Anhand auffliegender Vögel, starker Gasentwicklung im Wasser und anhand der musikalischen Inszenierung wird eine spannungsvolle Situation erzeugt. In einer weiteren Szene werden in der oben beschriebenen Quelle die Leichen des Paares gefunden, an denen starke Verätzungen erkennbar sind.

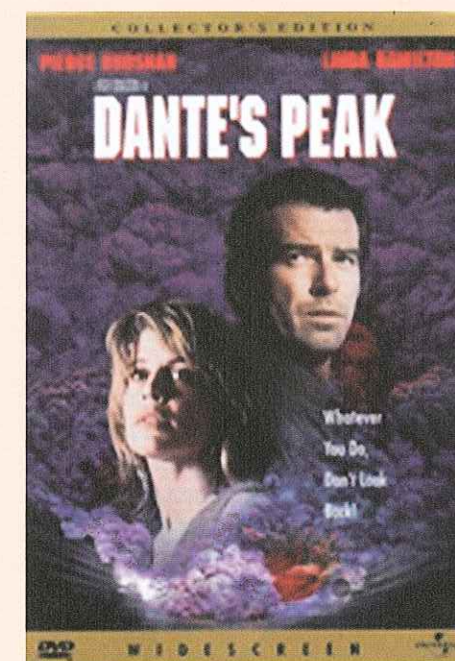


Abb. 1: Spielfilm *Dante's Peak* [3]

Die Schüler sollen daraufhin ihre Eindrücke schildern und entsprechende Hypothesen aufstellen, die mögliche Erklärungen für die Vorkommnisse liefern. Folgende Hypothesen sind z. B. für den Tod/die Verätzungen des Liebespaares denkbar:

- die extreme Hitze
- giftige Gase oder Dämpfe
- entstandene Säuren
- etc.

Bereits an dieser Stelle kann die Entstehung von Säuren durch Einleiten bestimmter Gase in Wasser im Unterricht aufgegriffen werden.

Eine nächste Szene (0:17:10 – 0:17:45) zeigt den Vulkanologen bei der pH-Wertmessung eines Fließgewässers in Begleitung der Bürgermeisterin. In der Szene wird ein pH-Wert von 3,48 gemessen (Abb. 2 und 3). Zudem werden abgestorbene Bäume gezeigt, nach denen sich der Vulkanologe noch näher erkundigt.

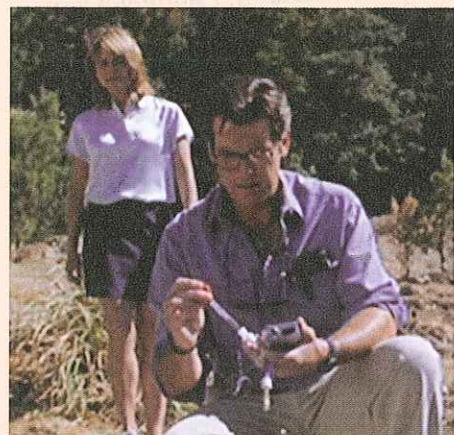


Abb. 2: pH-Wert-Messung [3]



Abb. 3: pH-Messgerät [3]

Wiederum sollen die Schüler ihre Eindrücke äußern, Hypothesen formulieren und letztlich zu einer Synthese gelangen, die für beide Szenen zutreffend ist. Aufgrund unserer Erfahrungen bei den Pilotstudien wurden daraufhin Verätzungen als Todesursache angenommen.

Hier drängt sich die Frage auf, ob angenommen werden kann, dass derart starke Säuren durch das Einleiten vulkanischer Gase entstehen können. So gilt es mit den Schülern die Säureentstehung zu klären und in diesem Zusammenhang zu erarbeiten, welche vulkanischen Gase vorliegen. Dabei wird auf die geleitete Internetrecherche zurückgegriffen. Man erhält z. B. folgende Zusammenstellung vulkanischer Gase (Kasten 1). Die Gase reagieren mit Wasser zu den entsprechenden Säuren.

Auf Basis der Brönstedt-Theorie wird in diesem Zusammenhang thematisiert, welche Gase bereits als Brönstedt-Säuren vorliegen (z. B. HCl, H₂S) und aus welchen Gasen durch Reaktion mit Wasser Brönstedt-Säuren entstehen (z. B. CO₂, SO₂). In einem weiteren Schritt sollen die Säurewirkung präzisiert und die Begriffe „Säure“ und „saure Lösung“ spezifiziert werden. Anhand der Protolysegleichungen der Säuren werden die Oxoniumionen als verantwortliche Teilchen für die Wirkung von sauren Lösungen hervorgehoben.

Die erarbeiteten Zusammenhänge sollen natürlich nicht nur theoretisch be-

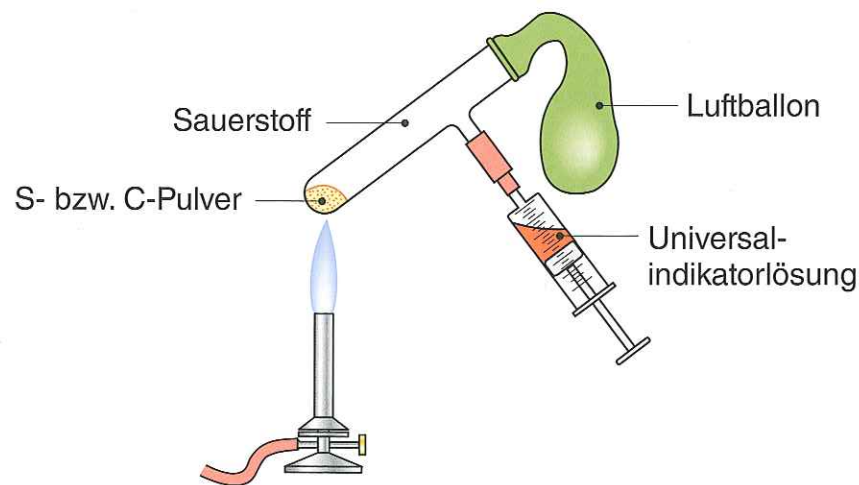


Abb. 4: Schülerversuch zur Herstellung von schwefliger Säure bzw. Kohlensäure

trachtet werden. Anhand der aus der Internetrecherche gewonnenen Erkenntnisse geht hervor, dass Kohlenstoffdioxid und Schwefeldioxid die Hauptkomponenten vulkanischer Gase darstellen. Demzufolge werden die beiden Gase exemplarisch ausgewählt und hinsichtlich dieser Zusammenhänge untersucht.

Im Schülerversuch wird folglich Kohlensäure und schweflige Säure hergestellt und untersucht. Als Erstes gilt es zu klären, wie die dazu benötigten Gase Kohlenstoffdioxid und Schwefeldioxid entstehen. Ein Rückgriff auf die Internetrecherche bestätigt, dass Kohlenstoffdioxid durch Verbrennung von Kohlenstoff bzw. Kohlenstoffverbindungen entsteht und Schwefeldioxid aus elementarem Schwefel oder schwefelhaltigen Verbindungen gebildet wird.

Die Schüler führen in zwei Gruppen den Versuch entweder mit Kohlenstoff oder mit Schwefel durch, sodass innerhalb der Klasse beide Säuren hergestellt werden. Um vergleichbare Ergebnisse zu erhalten, verwenden die Gruppen äquimolare Mengen an Kohlenstoff bzw. Schwefel.

Versuch 1: Herstellung von schwefliger Säure bzw. Kohlensäure

Geräte und Chemikalien: Kartuschenbrenner, Streichhölzer, Waage, Wägebepapier, Reagenzglas mit seitlichem Ansatz, Spritze 20 mL, Schlauchstück dick, Schlauchstück dünn, Schlauchverbinder, Reagenzglasklammer, Spatel, Luftballon, Schwefelpulver (X_i, reizend) bzw. Aktivkohle, Universalindikatorlösung, Sauerstoff (O, brandfördernd).

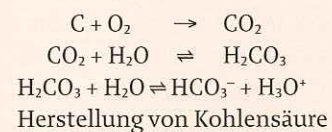
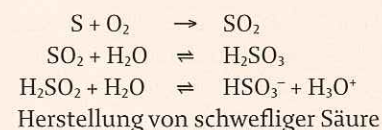
Versuchsdurchführung: In das Reagenzglas werden 0,05 g Schwefel bzw. 0,02 g Kohlepulver eingewogen und die Apparatur entsprechend der Skizze aufgebaut. Anschließend werden 5 mL Universalindikatorlösung in die Spritze aufgezogen und diese am seitlichen Ansatz befestigt. Das Reagenzglas wird mit Sauerstoff gefüllt und sofort mit einem Luftballon verschlossen. Der Schwefel bzw. Kohlenstoff wird im Reagenzglas vorsichtig unter ständigem Schütteln über dem Brenner erhitzt, sodass eine vollständige Reaktion erfolgt. Anschließend wird das entstandene Gas 10-mal durch die Universalindikatorlösung in der Spritze gesaugt. Dabei

sollte keine Flüssigkeit ins Reagenzglas gelangen.

Beobachtung und Auswertung: Die Kohle verglimmt vollständig zu einem farblosen Gas, nach 10-maligen Spülen verfärbt sich die Universalindikatorlösung gelb. Der Schwefel verbrennt mit blauer Flamme vollständig zu einem farblosen Gas, die Universalindikatorlösung verfärbt sich hier bereits beim ersten Spülen rot.

Das Edukt reagiert jeweils im geschlossenen System mit Sauerstoff, sodass die gewünschten Gase Kohlenstoffdioxid bzw. Schwefeldioxid entstehen. Beim Einleiten in die Universalindikatorlösung zeigt sich anhand der Verfärbung, dass jeweils eine Säure entstanden ist.

Durch die unterschiedliche Verfärbung (Kohlensäure: gelb, schweflige Säure: rot) wird deutlich, dass saure Lösungen mit unterschiedlicher Säurestärke entstanden sind.



Eine zusätzliche Messung mit dem pH-Meter ermöglicht für die Schüler eindrucksvoll die Gegenüberstellung der konkreten pH-Werte der sauren Lösungen. Die Kohlensäure¹ liegt bei ca. pH 6, wohingegen die schweflige Säure einen pH-Wert von unter pH 2 aufweist.

Als Folgerung im Unterrichtsverlauf lässt sich festhalten, dass die Übersäuerung der Gewässer und die Verätzungen des Paares wahrscheinlich durch die stärkere schweflige Säure entstanden sind.

Vergleicht man die beiden Säureformeln, stellt sich die Frage, warum die schweflige Säure stärker als die Kohlensäure ist. Eine Vermutung dahingehend wäre die unterschiedliche Gleichgewichtslage bei den Protolysegleichungen.

An dieser Stelle besteht ferner die Möglichkeit, mit den Schülern den pK_s-Wert einzuführen, der sich je nach vorausgehender Behandlung des chemischen Gleichgewichts passend anknüpfen lässt. Betrachtet man die pK_s-Werte der beiden Säuren (pK_{s1}(Kohlensäure) = 6,46, pK_{s1}(schweflige Säure) = 1,96), so unterscheiden sich diese deutlich, wobei die Säuren eine ähnliche Struktur aufweisen und zudem Kohlenstoff (EN: 2,5) und Schwefel (EN: 2,4) nahezu gleiche

Elektronegativitätswerte haben. Wodurch lässt sich demnach der Unterschied in der Säurestärke erklären?

Die Erklärung findet sich bereits bei der Säureentstehung. Bei der Kohlensäureentstehung liegen 99,8% des eingeleiteten CO₂ in hydratisierter Form und nicht als Kohlensäure vor [7]. Dies macht verständlich, dass hier eine sehr schwache Säure vorliegt.

Die nächsten Szenen (1:08:46 – 1:09:50 und 1:10:51 – 1:13:05 evtl. 1:14:56 – 1:16:30) führen weiter hinein in die Geschichte von Dante's Peak. In der Zwischenzeit ist der Vulkan überraschend ausgebrochen und es herrscht Panik und Chaos. Dem Vulkanologen gelingt es gerade noch, mit der Bürgermeisterin und deren Familie aus der Stadt zu flüchten (Abb. 5 und 6). Jedoch sind alle Straßen von eingestürzten Gebäuden, Bäumen oder sonstigen Hindernissen blockiert, sodass letztlich nur der Fluchtweg über einen See bleibt. In der Szene wird die Flucht mit einem alten Metallboot über einen großen See dargestellt. Nachdem die Flüchtenden bemerkt haben, dass im See viele tote Fische treiben, ist offensichtlich, dass mit dem Wasser etwas nicht in Ordnung ist. Dabei werden folgende Aussagen getroffen: „Die vulkanische Aktivität hat das Wasser zur Säure gemacht“ und „Die Säure zerfrisst das Metall“.

Mit diesen Aussagen liegt ein hervorragendes Ankermedium vor, mit dem u. a. die Frage aufgeworfen werden kann, ob es tatsächlich möglich ist, dass durch schweflige Säure eine derart starke Übersäuerung des Sees entstehen kann, um ein Metallboot zu zerstören. Betrachtet man die im Bootsbau verwendeten Metalle, so wurde lange Zeit Stahl, neuerdings auch Aluminium (mit Opferanoden aus Zink oder Magnesium) verwendet. Da es sich hier um ein älteres Boot handelt, wird als experimentelle Überprüfung (siehe Abb. 5) untersucht, ob Stahl bzw. vereinfachend Eisen tatsächlich von schwefliger Säure angegriffen werden kann. Erweiternd soll zudem Zink – exemplarisch für eine Opferanode – untersucht werden.

Versuch 2: Das Verhalten von Säure mit Metallen I

Geräte und Chemikalien: 6 Petrischalen, Pinzette, Spatel, Schmirgelpapier, Metalle (z. B. Stahl, Eisen, Zink) und entsprechende Metallpulver (F, leichtentzündlich; Zinkpulver: N, umweltgefährlich), schweflige Säure, 6% (C, ätzend)

Versuchsdurchführung: Das jeweilige Metallstück wird angeschmirgelt und in

eine Petrischale mit schwefliger Säure gelegt. Soweit keine Reaktion erfolgt, wird der Zerteilungsgrad erhöht und der Versuch mit dem jeweiligen Metallpulver durchgeführt.

Beobachtung und Auswertung: Weder die einzelnen Metalle noch eines der Metallpulver wird beobachtbar von schwefliger Säure angegriffen. Es findet offensichtlich mit schwefliger Säure keine Reaktion statt.

Damit stellt sich die Frage, ob die Szene im Film realistisch ist, oder ob neben der schwefligen Säure noch eine weitere Säure entstanden sein könnte, die möglicherweise stärker als die schweflige Säure ist. Ein nahe liegender Gedanke ist, den Versuch mit Schwefelsäure durchzuführen.

Versuch 3: Das Verhalten von Säure mit Metallen II

Der Versuch 3 erfolgt analog zu Versuch 2, anstelle von schwefliger Säure wird Schwefelsäure, 6% (C, ätzend) verwendet.

Versuchsdurchführung: Zunächst wird das jeweilige Metallpulver in eine Petrischale mit Schwefelsäure gegeben. Anschließend gibt man die (angeschmirgelten) Metallstücke in die Petrischale mit Schwefelsäure.

Beobachtung und Auswertung: Sowohl bei den Metallpulvern als auch bei den Metallstücken lässt sich eine Gasentwicklung beobachten (Abb. 7). Die stärkste Gasentwicklung lässt sich bei Zink beobachten, etwas geringer erfolgt diese bei Eisen; bei Stahl liegt nur eine sehr geringe Gasentwicklung vor. Die Schwefelsäure ist demzufolge in der Lage die ausgewählten Metalle anzugreifen.



Abb. 5: Szene: Flucht mit dem Boot 1 [3]



Abb. 6: Szene: Flucht mit dem Boot 2 [3]

Vulkanische Gase	Säuren
H ₂ S	Schwefelwasserstoff
HCl	Chlorwasserstoff
SO ₂ + H ₂ O ⇌ H ₂ SO ₃	Schweflige Säure
Methan	
Ammoniak	
CO ₂ + H ₂ O ⇌ H ₂ CO ₃	Kohlensäure
SO ₃ + H ₂ O ⇌ H ₂ SO ₄	Schwefelsäure
Stickoxide	
N ₂ O ₅ + H ₂ O ⇌ 2 HNO ₃	Salpetersäure

Kasten 1: Tafelbild – Entstehung von Säuren

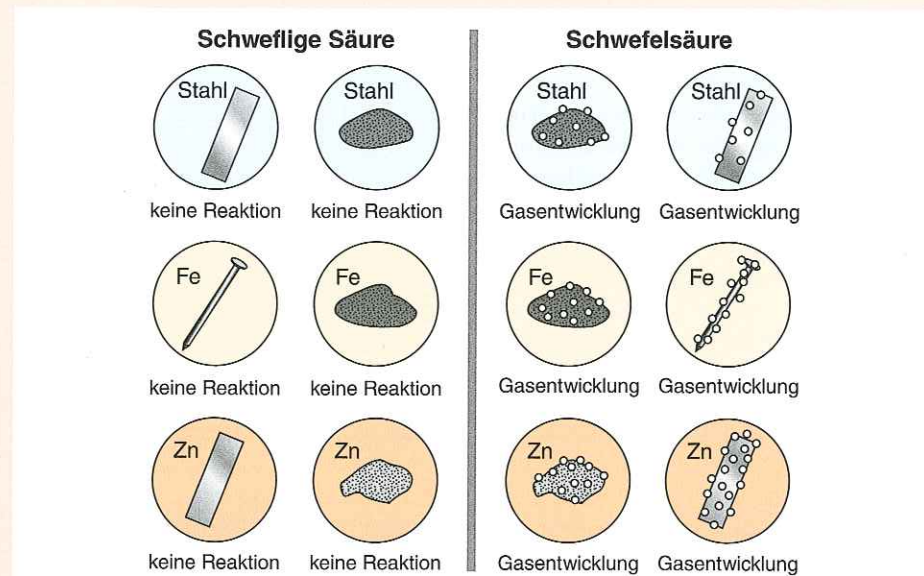


Abb. 7: Reaktion von schwefliger Säure bzw. Schwefelsäure mit den Metallen Stahl, Eisen und Zink in Petrischalen

Als Ergebnis kann festgehalten werden, dass die schweflige Säure nicht stark genug wäre, ein Metallboot korrosiv anzugreifen, die Schwefelsäure hingegen schon.

Mit den Schülern wird nun die Frage diskutiert, wie es zur Schwefelsäureentstehung kommen kann. Dabei muss die Zusatzinformation gegeben werden, dass es sich bei Schwefeltrioxid um einen weißen Feststoff handelt, der nicht direkt aus der Verbrennung von Schwefel entsteht, sondern erst durch Oxidation aus Schwefeldioxid in einem Folgeschritt gebildet wird.



Der vorangegangene Schülerversuch (V1) zeigte ferner, dass bei der Verbrennung von Schwefel ein farbloses Gas (Schwefeldioxid) und nicht Schwefeltrioxid entsteht.

Anhand der oben aufgeführten Gleichgewichtsreaktion wird mit Hilfe von entsprechenden Diagrammen die klassische

Diskussion um die Beeinflussung der Gleichgewichtslage durch verschiedene Einflussfaktoren geführt. Dabei soll deutlich werden, dass eine ausreichende Reaktionsgeschwindigkeit für die Schwefeldioxid-Produktion letztlich nur unter Zuhilfenahme eines Katalysators erreicht werden kann.

Welche Katalysatoren für diese Reaktion zum Einsatz kommen können, muss den Schülern angegeben werden, da hierzu meist keine Vorkenntnisse vorliegen. In der technischen Schwefelsäureherstellung wird heute Vanadiumpentoxid (V_2O_5) als Katalysator eingesetzt. Jedoch ist es höchst unwahrscheinlich, dass Vanadiumpentoxid in einem Vulkan vorliegt, was letztlich auch die Internetrecherche bestätigt. In der Literatur findet man ferner den Einsatz von Eisenoxiden, welche wiederum in Vulkanen vorzufinden sind. Folgendes Zitat bestätigt die Wirksamkeit von Eisenoxid als Katalysator. „So erfolgt z. B. die Umsetzung bei Gegenwart von Platin schon bei 400 °C, bei

Gegenwart von Eisenoxid bei 600 °C mit ausreichender Geschwindigkeit“ [7]. So wäre es denkbar, dass Eisenoxide in dieser Reaktion die Funktion des Katalysators übernehmen.

Im Experiment soll exemplarisch die Verbrennung von Schwefel mit rotem Eisenoxid (Hämatit, Fe_2O_3) als Katalysator durchgeführt werden. Dabei wird untersucht, ob bei dieser Reaktion tatsächlich Schwefeltrioxid entsteht; dies würde bestätigen, dass bei einem Vulkanausbruch auf diesem Wege tatsächlich Schwefelsäure entstehen kann.

Versuch 4: Die Verbrennung von Schwefel mit Katalysator

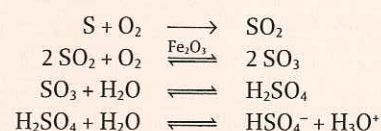
Geräte und Chemikalien: Kolbenprober mit Hahn (250 mL), Quarzrohr, 2 durchbohrte Stopfen mit Glasrohr, Brenner, 2 Gaswaschflaschen, Schlauchverbindungen, Magnesiumrinne, Schwefel (X_1 , reizend), Sauerstoff (O_2 , brandfördernd), rotes Eisenoxid (Hämatit, Fe_2O_3), Universalindikatorlösung, 1 molare Bariumchloridlösung (T, giftig)

Versuchsdurchführung: Die Apparatur wird entsprechend der Skizze aufgebaut und ca. 0,1 g Schwefel in die Magnesiumrinne eingewogen. Anschließend wird etwas rotes Eisenoxid in das Quarzglasrohr gegeben und der Kolbenprober mit 250 mL Sauerstoff gefüllt.

Nun wird der Schwefel geschmolzen und – sobald er flüssig ist – Sauerstoff übergeleitet, sodass der Schwefel verbrennt.

Beobachtung und Auswertung: Schwefel verbrennt mit seiner typisch blauen Flamme. In der ersten Gaswaschflasche entsteht weißer Rauch, die Universalindikatorlösung verfärbt sich rot. Der weiße Rauch deutet auf die Bildung von Schwefeldioxid hin. Der Schwefel verbrennt zunächst zu Schwefeldioxid, welches mithilfe des Katalysators und mit Sauerstoff zu Schwefeltrioxid weiteroxidiert wird. Das Schwefeltrioxid wird in Universalindikatorlösung eingeleitet, in der durch Rotfärbung die entstandene Säure angezeigt wird.

Folgende Reaktionsgleichungen verdeutlichen die Zusammenhänge:



Anschließend kann durch den klassischen Sulfatnachweis mit Bariumchloridlösung [6] der Beleg erbracht werden, dass

tatsächlich Schwefeltrioxid vorlag und dadurch Schwefelsäure gebildet wurde.

Mit diesem Versuch kann gezeigt werden, dass im Rahmen eines Vulkanausbruchs neben schwefliger Säure tatsächlich auch die deutlich stärkere Schwefelsäure entstehen kann.

Der zentrale Gedankengang bezogen auf die Filmsequenzen wäre an dieser Stelle erfolgreich zu Ende geführt. Dennoch soll der Aspekt der Schwefeldioxid-Gewinnung im Rahmen eines Vulkanausbruchs erneut aufgegriffen werden.

Betrachtet man die großen Schwefeldioxid-Mengen, die bei vulkanischer Aktivität freigesetzt werden, so resultieren diese aus der Verbrennung von elementarem Schwefel und aus Schwefelverbindungen, welche in großen Mengen in Form von sulfidischen Erzen (z. B. Pyrit FeS_2) vorliegen.

Mit nachfolgendem Experiment wird auch dieser Weg näher verfolgt.

Versuch 5: Abrösten von Pyrit

Geräte und Chemikalien: 2 Kolbenprober (100 mL), Quarzrohr, 2 Siliconschlauchstücke, Kartuschenbrenner, Glaswolle, Waage, Pyrit, Sauerstoff (O_2 , brandfördernd)

Versuchsdurchführung: Das Quarzrohr wird mit 0,3 g Pyrit gefüllt und zu beiden Seiten mit Glaswolle verschlossen. Anschließend wird ein Kolbenprober mit 100 mL Sauerstoff gefüllt und danach die beiden Kolbenprober entsprechend der Skizze (Abb. 9) mit dem gefüllten Quarzrohr verbunden. Nun wird das Pyrit stark erhitzt und unter ständigem Weitererhitzen der Sauerstoff darüber geleitet.

Beobachtung und Auswertung: Das Pyrit glüht beim Überleiten des Sauerstoffs auf und im Kolbenprober sammelt sich weißer Rauch.

Das Ergebnis des Experiments ist verwunderlich, da statt des erwarteten, farblosen Schwefeldioxids der Kolbenprober deutlich erkennbar mit weißem Rauch gefüllt ist. Der weiße Rauch lässt die Vermutung aufkommen, es handle sich hier um Schwefeltrioxid. Betrachtet man mögliche Reaktionsprodukte, so liegt der Gedanke nahe, dass beim Rösten von Pyrit Eisenoxid entsteht.

Bezieht man die Erkenntnisse aus Versuch 4 hinzu, so wird deutlich, dass im weiteren Reaktionsverlauf Schwefeldioxid mit dem entstandenen Katalysator Eisenoxid reagiert und dadurch Schwefeltrioxid gebildet wird.

Der Sulfatnachweis mit Bariumchloridlösung [6] bestätigt wiederum diese Annahme.

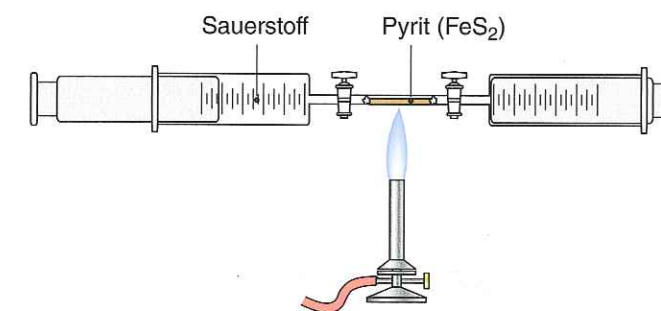
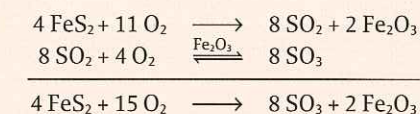


Abb. 9: Abrösten von Pyrit

Filmszene	Realistisch?	Hollywoodistisch?
Szene 1: Liebespaar badet, Leichen werden gefunden	Verätzungen der Haut können bei Kontakt mit Säure entstehen. Hitze könnte problematisch werden.	Der schnelle Tod durch Hitze und Säure ist unrealistisch.
Szene 2: pH-Wertmessung eines Fließgewässers	Die pH-Wertmessung wird realistisch durchgeführt.	Dieser niedrige pH-Wert in einem Fließgewässer ist unrealistisch.
Szene 3: Beim Überqueren des Sees wird das Metallboot von der Säure angegriffen und das Boot droht zu sinken „Die Säure zerfrisst das Metall“.	Einige starke Säuren (z. B. Schwefelsäure) reagieren mit (unedlen) Metallen zu Metallionen und Wasserstoff.	Der Prozess geht viel zu schnell. Der Vulkanologe paddelt nur mit der Hand, das Boot fährt aber dennoch geradeaus. Die Jacke des Vulkanologen ist nicht verätzt.
etc.		

Tab. 1: Gegenüberstellung der Szenen

Die resultierenden Reaktionsgleichungen sind folgende [7]:



Fazit

Anhand der experimentellen Ergebnisse wird deutlich, dass im Rahmen eines Vulkanausbruchs nicht nur vorliegende Metalloxide die Schwefeltrioxid-Bildung katalysieren, sondern bei begleitenden Reaktionen teilweise in erheblichen Mengen weitere Katalysatoren im Reaktionsverlauf generiert werden. Diese wiederum ermöglichen eine zusätzliche Schwefeltrioxid-Bildung und letztlich die Entstehung von Schwefelsäure. Dieser Zusammenhang wird in der gängigen Fachliteratur über Vulkanismus ([1, 2]) erstaunlicherweise nicht aufgeführt. Die Schwefelsäureentstehung in der Atmosphäre wird lediglich über einen hochkomplizierten atmosphärischen Mechanismus unter Einwirkung von Photooxidantien erwähnt [9].

Für die Unterrichtskonzeption ist folgender Abschluss vorgesehen: Die Schüler sehen sich ausgehend von ihrem neuen

Wissensstand noch einmal alle Szenen unter dem Aspekt an, welche Darstellungen realistisch und welche überzogen – hollywoodistisch – dargestellt sind und treten darüber in die Diskussion. Die Tabelle 1 gibt darüber einen Eindruck.

Abschließend wird das Ende des Films in den Blick genommen, welches selbstverständlich ein Happy End ist.

Die Unterrichtskonzeption wurde in verschiedenen Pilotstudien erprobt und hinsichtlich der Motivation und des Lernzuwachs evaluiert. Die Ergebnisse der Pilotstudien waren erfreulich und erfolgversprechend. Um die Ergebnisse der Pilotstudien abzusichern und valide Daten zu erhalten wurde die Unterrichtskonzeption im Schuljahr 2009/10 in einer Längsschnittinterventionsstudie im Kontrollgruppendesign an neun Gymnasien in Baden-Württemberg erprobt. Im Rahmen des ChemCi-Projekts erarbeiten wir zur Zeit weitere Unterrichtskonzeptionen wie z. B. „Das Parfum“ und die duftende Welt der Riechstoffe, „Das Vermächtnis der Tempelritter“/„Der Name der Rose“ mit den chemischen Zusammenhängen der Geheimschriften, „Im Rausch der Tiefe“ und dabei die Thematisierung der chemischen Aspekte der Welt des Tauchens, „Erin Brockovich“ und die Proble-

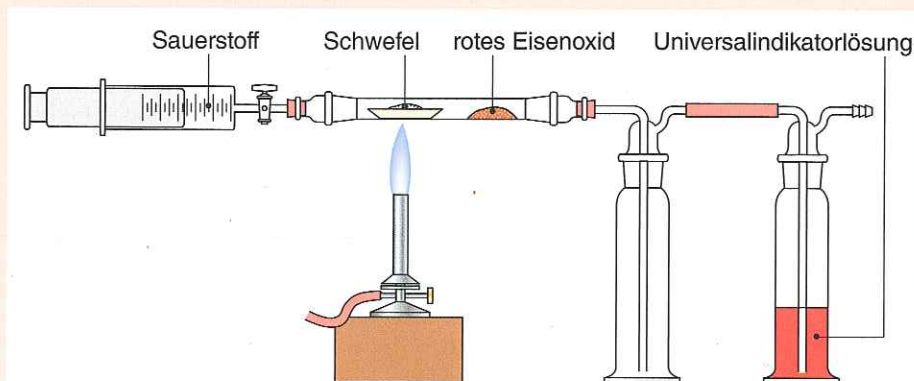


Abb. 8: Verbrennung von Schwefel mit Katalysator (rotes Eisenoxid)

matik der Trinkwasseraufbereitung, etc. Über einige dieser Arbeiten werden wir in Kürze berichten.

Dank

Wir danken dem Fonds der Chemischen Industrie für die Unterstützung dieser Arbeit.

Anmerkung

¹ Die Unbeständigkeit der Kohlensäure [7] wird unter Aspekten der didaktischen Reduktion hier nicht thematisiert.

Literatur:

- [1] H.-U. Schmincke, Vulkanismus. Wissenschaftliche Buchgesellschaft, Darmstadt 2000
- [2] H. Hess, Taschenatlas Vulkane und Erdbeben. Klett Julius Perthes Verlag Gotha GmbH, Gotha 2003
- [3] DVD – „Dante's Peak (spezial edition)“ – universal studios 1999

- [4] C. Kern, Dissertation submitted to the Combined Faculties for the Natural Sciences and for Mathematics of the Ruperto-Carola University of Heidelberg, Germany for the degree of Doctor of Natural Sciences <http://www.ub.uni-heidelberg.de/archiv/9574/> (24.06.2010)
- [5] The Cognition and Technology Group at Vanderbilt: The Jasper Projekt: Lessons in Curriculum, Instruction, Assessment and Professionals Development. New York: Lawrence Erlbaum Associates Inc. 1997
- [6] Jander-Blasius, Einführung in das anorganisch-chemische Praktikum: Hirzel; 15. neubearb. Auflage, Stuttgart 2005, S. 202
- [7] Hollemann-Wiberg, Lehrbuch der Anorganischen Chemie: de Gruyter, 102. Auflage, Berlin, New York 2007, S. 906 und 583 f.
- [8] Ducci, M.; Rubner, I.; Friedrich, J.; Oetken, M.: Chemistry and Cinema – Das Projekt ChemCi: Eine Unterrichtseinheit zum Themenfeld Diamant und Graphit – inszeniert

und illustriert mit Szenen aus den Spielfilmen „James Bond – Diamantenfieber“ und „Superman III“. PdN-Chi 59 (1) 2009

- [9] Arnold, F.; Atmosphärische Schwefelsäure: Einflüsse auf Umwelt und Klima Tätigkeitsbericht 2006. Max-Planck-Institut für Kernphysik URL: <http://www.mpg.de/bilderBerichte-Dokumente/dokumentation/jahrbuch/2006/kernphysik/forschungsschwerpunkt/pdf.pdf> (24.06.10)

Anschrift der Verfasser

Dr. Isabel Rubner*, Nicole Kunze, Prof. Dr. Marco Oetken, Prof. Dr. Jens Friedrich, Pädagogische Hochschule Freiburg, Abteilung Chemie, Kunzenweg 21, D-79117 Freiburg, E-Mail: rubner@ph-freiburg.de; jens.friedrich@ph-freiburg.de; marco.oetken@ph-freiburg.de

Digitale Messwerterfassungsgeräte

Ein kriterienorientierter Überblick

F. Schrader und S. Schanze

Derzeit bieten die marktverfügbaren Messwerterfassungsgeräte zu unterschiedliche Facetten, um wirklich vergleichbar zu sein. Dennoch haben wir uns der Herausforderung gestellt und bieten mit diesem Beitrag eine Orientierungshilfe in dem Wirrwarr der unterschiedlichen Systeme.

1 Einleitung

Die elektronische Erfassung von Messwerten und besonders deren Auswertung am Computer rückt zunehmend in den Fokus des naturwissenschaftlichen Unterrichts. Eröffnet sie doch die Möglichkeit, Datenverarbeitungskompetenz in einem praxisnahen Kontext zu erlangen. Die in den Kerncurricula oder der Einheitlichen Prüfungsanforderungen in der Abiturprüfung (EPA) geforderten Kompetenzen zur Informationsbeschaffung und -auswertung können mit modernen Medien gestaltet werden (z. B. [1–3]). Untermuert wird die Bedeutung des Einsatzes von Computern in MINT-Fächern in der „Empfehlung der Kultusministerkonferenz zur Stärkung der mathematisch-naturwissenschaftlich-technischen Bildung“ von 2009 [4] und in Stellungnahmen aus den Reihen der MNU [5, 6]. Einen methodischen Mehrwert versprechen die Messwerterfassungs-

systeme, wenn sie, gekoppelt mit einer Software zur computerbasierten Weiterverarbeitung der Messwerte, individuelle Lernprozesse unterstützen [7].

Derzeit bieten zahlreiche Lehrmittellieferanten Multiparametersysteme an, die ein Sammeln verschiedenster Messgrößen und eine anschließende Verarbeitung der Daten am Computer ermöglichen. Die Geräte der verschiedenen Anbieter unterscheiden sich jedoch schon augenscheinlich deutlich hinsichtlich der Ausstattung und Handhabung. Wir hielten es deshalb für zweckmäßig, die einzelnen Messgeräte und die zugehörigen Datenverarbeitungsprogramme einmal genauer unter die Lupe zu nehmen, um Einsatzvoraussetzungen und -möglichkeiten für den Schulunterricht daraus abzuleiten.

Warum gibt es überhaupt Multiparametermessgeräte? Ein Grund hierfür ist der Kostenfaktor. Alle Anbieter haben die

gleiche Philosophie und stellen ein Basisgerät zur Verfügung, welches durch die Bestückung mit austauschbaren Messsonden spezialisiert wird. Man benötigt also für die Bestimmung verschiedener Messgrößen nicht immer wieder neue Geräte, sondern lediglich eine neue Sonde. Ein weit wichtigerer Punkt ist die Bedienung. Hat man sich einmal mit den Funktionen des Basisgerätes vertraut gemacht, kann man alle relevanten Messdaten erheben, ohne sich erneut mit einem anderen Gerät befassen zu müssen.

Mit der Bedienbarkeit und den Einsatzmöglichkeiten sind auch schon zwei wesentliche Kriterien beschrieben, die über eine erfolgreiche Karriere eines Geräts im Schulkollegium entscheiden. Ist ein Gerät in der Bedienung zu kompliziert, bleibt das immer noch recht teure Gerät ungenutzt im Schrank liegen. Bietet es zu wenige schulrelevante Möglichkeiten des

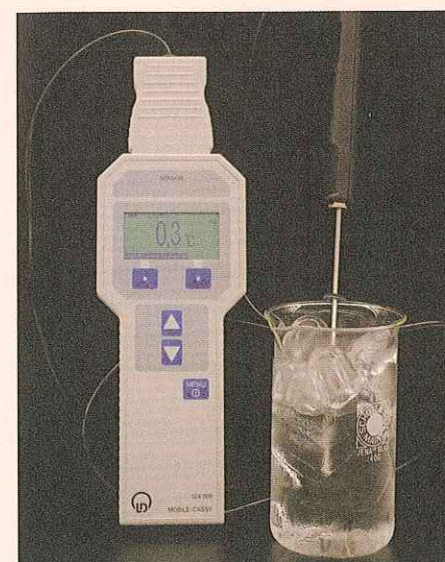


Abb. 1: Mobile-CASSY neben einem 400-mL-Becherglas

Einsatzes, wird die Anschaffung in Frage gestellt.

Im nächsten Abschnitt werden weitere Kriterien vorgestellt, nach dem die Geräte getestet und beurteilt wurden. Den dritten Abschnitt bildet dann eine Einzelvorstellung der fünf Systeme: Mobile-CASSY, Cobra4 Mobile-Link, LabQuest, ULAB und Xplorer XLS.

2 Beurteilungsmerkmale

2.1 230 Volt vs. Akkubetrieb

Alle digitalen Messgeräte benötigen natürlich Strom. Das bedeutet aber nicht zwangsläufig, dass man sie nur im Labor benutzen kann. Die meisten von ihnen besitzen einen Batterie- oder Akkubetrieb und erlauben so den Einsatz im Feld. Exkursionen können zum Sammeln von Daten durchgeführt werden. Zum Beispiel sind Leitfähigkeit, pH-Wert und Temperatur ober- und unterhalb einer industriellen Einleitung in ein Fließgewässer vor Ort ermittelbar. Fliehkraftmessungen, in einem Freizeitpark oder einer Halfpipe gemessen, bieten einen alltagsnahen Zugang zu wissenschaftlichen Arbeitsweisen. Das Erlebte kann direkt am Computer verarbeitet werden.

Da die mobilen Geräte nahezu alle Eigenschaften der stationären Geräte abdecken und wesentlich flexibler im Einsatz sind, fokussiert sich der Artikel im Weiteren auf die akkubetriebenen Alternativen. Aus dem Kreis der Kandidaten verschwindet durch diese Entscheidung der „All-Chem-Misst II“, vertrieben durch Fa. Hedinger¹ und entwickelt vom AK Kappenberg². Dieses Gerät unterscheidet sich ohnehin so deutlich von den anderen, dass

es schwierig geworden wäre, eine faire, vergleichende Aussage zu treffen. Um es mit einem Zitat von der Kappenberg Internetseite zu beschreiben: „Man kann eben nicht gut Äpfel mit Birnen vergleichen.“

2.2 Multisensorik

Alle hier betrachteten Systeme zeichnen sich durch austauschbare Sensoren aus. Was bis hierher als Messgerät bezeichnet wurde, ist im eigentlichen Sinn gar keins, sondern ein Datenlogger mit der Möglichkeit diverse unterschiedliche Messsonden anzuschließen. Dadurch werden sie flexibel im Einsatz und können in verschiedenen Fachgebieten zur Anwendung kommen. Leider sind die meisten Sensoren systemgebunden. Das bedeutet, dass man sich bereits mit der Anschaffung des ersten Sensors auf einen Anbieter festlegt. Es macht also Sinn, sich im Vorfeld Gedanken zu machen, ob nicht eine interdisziplinäre Entscheidung angestrebt werden sollte. Speziell die Fachgebiete Physik und Biologie benötigen neben der Chemie ebenfalls Messgeräte für Parameter, die von den betrachteten Systemen erfasst werden könnten.

Für den vorliegenden Vergleich wurden exemplarisch eine Temperatur- und eine Leitfähigkeitselektrode getestet. Diese beiden Elektrodentypen werden zu allen Messgeräten angeboten und sind notwendig für Standardmessungen im Chemieunterricht. Sie dienen auch als Beispiele für den Preisvergleich in Tabelle 1.

2.3 Support

Bei der Auswahl eines multisensorischen Gerätes oder besser gesagt einer Geräteserie ist ein entscheidender Punkt, dass

es sich um ein erweiterbares System handelt. Das bedeutet: Im Bedarfsfall sollte man benötigte Sensoren problemlos beschaffen und sofort benutzen können. Ein guter Support beinhaltet natürlich die Weiterentwicklung der Geräte und die Erweiterung des Sensorpools. Besonders wichtig ist aber auch die Anpassung der Software an die aktuellen IT-Anforderungen, sprich Betriebssysteme oder Anschlüsse. Bei einem Blick auf die aktuellen Geräteentwicklungen lässt sich auch erahnen, wie die einzelnen Anbieter die Zukunftschancen ihrer Geräte einschätzen.

2.4 Software

Jeder Anbieter der getesteten Geräte bietet seine eigene Datenverarbeitungssoftware an. Die Beurteilung der Bedienung fällt, wie bei Software üblich, äußerst subjektiv aus. Die Einen mögen es schön bunt, die Anderen lieber sachlich schlicht. Wichtig sollte es aber sein, dass alle für die Messung und der Darstellung wichtigen Parameter schnell und intuitiv modifiziert werden können. Dass die Software den Logger aus dem passenden Sortiment erkennt und auf Basis der angeschlossenen Sensoren Messungen vorbereitet, ist ebenso wünschenswert, wie ein problemloser Import offline gesammelter Daten. Grafische und tabellarische Darstellung der Messwerte sind selbstverständlich. Ein sinnvolles Feature zur Dokumentation, das aber nicht von allen Anbietern geboten wird, ist die Möglichkeit zur Einbindung von Audio- und Videomaterial. Hiermit können die Lernenden ihre Werkzeugkompetenz [6] deutlich verbessern. Sie bietet auch eine Möglichkeit zur Bewertung derselben. Vollständige

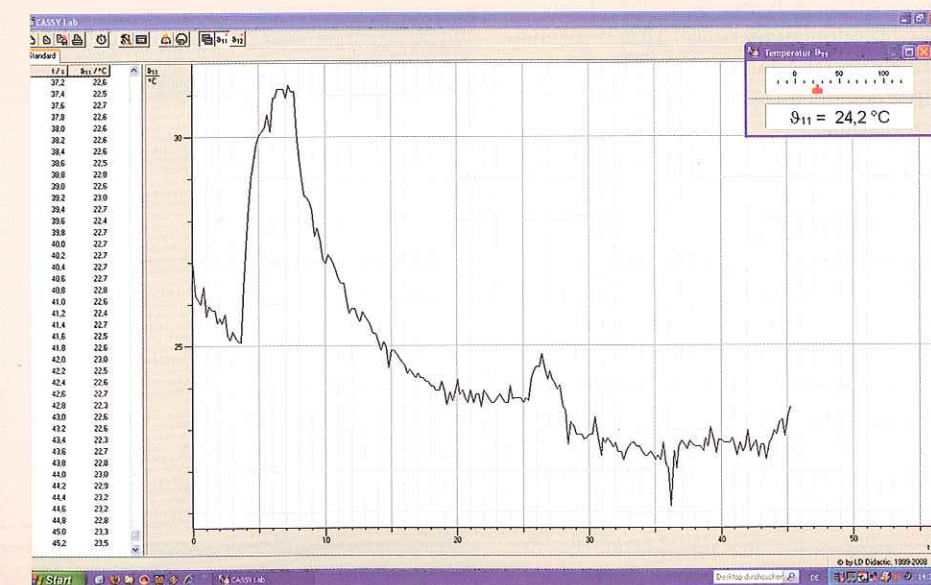


Abb. 2: Bildschirmfoto CASSY Lab

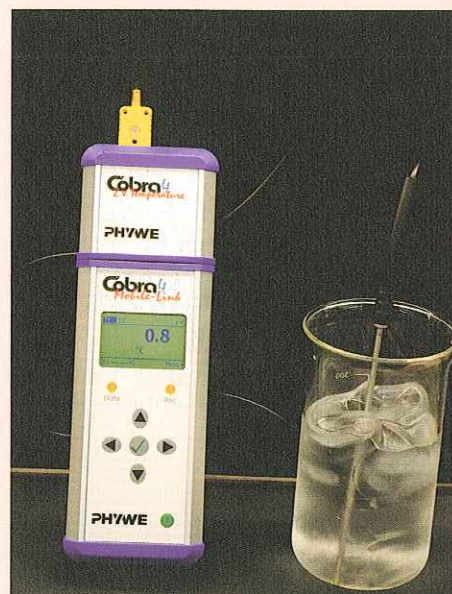


Abb. 3: Cobra4 Mobile-Link

Präsentationen können auf der Basis von selbst erhobenen Daten, entsprechendem Videomaterial und einer selbstständigen Analyse erstellt und vorgestellt werden.

Plattformübergreifende Lösungen werden in Zukunft eine stärkere Rolle spielen. Vernier und Pasco setzen neben Windows auch auf alternative Betriebssysteme. In Deutschland laufen laut StatCounter³ zwar nur ca. 8 % der genutzten Computer ohne Windows. Der tatsächliche Anteil alternativer Betriebssysteme in Bildungseinrichtungen dürfte jedoch höher liegen. Viele Schulen setzen jetzt schon auf die kostenlosen OpenSource Lösungen von Linux oder auf Apples „Educational“ Ideen.

3 Einzelvorstellungen der Geräte

Die Auswahl der betrachteten Systeme erfolgte durch eine internetbasierte Recherche. Zunächst wurde bei den Lehrmittelanbietern Phywe, Hedinger, Conatex und LD Didactic gesucht. Durch intensivere Recherche fanden wir bei NTL und DynaTech noch weitere Geräte.

Im Folgenden werden die einzelnen Geräte mit den dazugehörigen Softwarelösungen in alphabetischer Reihenfolge vorgestellt.

3.1 Mobile-CASSY

Die CASSY-Produktfamilie wird seit vielen Jahren von der Firma LD Didactic⁴ vertrieben und findet besonders im Fach Physik verbreitete Anwendung. Neben dem Mobile-CASSY gibt es bei LD noch weitere Geräte, die sensorkompatibel sind.

Damit wird ein insgesamt rundes Paket angeboten, das die Messung aller gängigen Parameter im naturwissenschaftlichen Unterricht ermöglicht. Die

Sensorenpalette wird regelmäßig erweitert und vor kurzem ist eine neue Softwareversion erschienen. Daraus lässt sich folgern, dass LD Didactic das System weiter unterstützen wird.

Das Mobile-CASSY ist ein schlichtes, einfach zu bedienendes Gerät. Um eine Messung durchzuführen, muss man eine Sensorbox – so heißen hier die Adapter zwischen Sensor und Datensammler – anschließen. Nach dem Anschluss der entsprechenden Box erkennt das CASSY sofort, welcher Parameter gemessen werden soll. Dann muss noch ein passender Sensor in die Box gesteckt werden und es kann losgehen. Über eine logische Menüsteuerung kann man die Parameter der Messung variieren. Da nur eine Sensorbox angeschlossen werden kann, ist es nicht möglich, mehrere verschiedene Parameter gleichzeitig zu bestimmen. Einige Boxen ermöglichen aber ein paralleles Messen mehrerer gleicher Messgrößen (z. B. zweimal Temperatur).

Nach der Datensammlung wird das Gerät über USB mit dem Computer verbunden und mit der Software können die Daten importiert werden. Am Rechner angeschlossen fungiert das CASSY als A/D-Wandler und die Daten können direkt auf dem PC gesammelt werden.

Deutlich zu verbessern wäre aus unserer Sicht die Ergonomie und die Wertigkeit des Gehäuses. Das Batteriefach macht einen defektanfälligen Eindruck.

Die Software bei LD heißt „CASSY Lab“ und passt gut zu dem Gerät. Ist sie doch ebenso schnörkellos gehalten. Die Funktionen sind übersichtlich strukturiert und intuitiv zu bedienen. Messwerte können mit ihr gesammelt oder importiert und

grafisch ausgewertet werden. In diesem Bereich hebt sich die Software nicht von Tabellenkalkulationen wie MS Excel ab⁵. Mobile-CASSY/CASSY Lab – Plus/Minus:

- + Bedienung von Gerät und Software ist einfach und intuitiv
- + Support gewährleistet
- + viele verfügbare Sensoren
- Adapterboxen notwendig
- nur wenige Messungen pro Sekunde möglich
- nur ein Messparameter gleichzeitig erfassbar
- Software nur für Windows erhältlich

3.2 Cobra4 Mobile-Link

Die Firma Phywe⁶ hat mit der Cobra4-Produktserie ebenfalls ein System mit verschiedenen Datenloggern und untereinander austauschbaren Sensor-Units – so heißt das bei Phywe. Leider sind diese Units nicht kompatibel zu denen des Vorgängersystems Cobra3.

Das Mobile-Link ist einfach zu bedienen. Messungen können direkt nach dem Anschluss des Sensor-Units und entsprechendem Sensor gestartet werden. Anschließend können die gesammelten Daten problemlos via USB-Port auf den PC übertragen werden. Hier kommt jedoch ein großer Nachteil dieses Gerätes zum Tragen. Es ist der einzige der getesteten Logger, der nicht direkt als PC-Adapter für Messungen benutzt werden kann. Messungen können also nicht zeitgleich auf einen Beamer übertragen werden. Dazu bräuchte man einen anderen Logger aus der Cobra4-Reihe.

Auf dem Computer kann die Messung von dem Programm „measure“ verarbeitet werden.

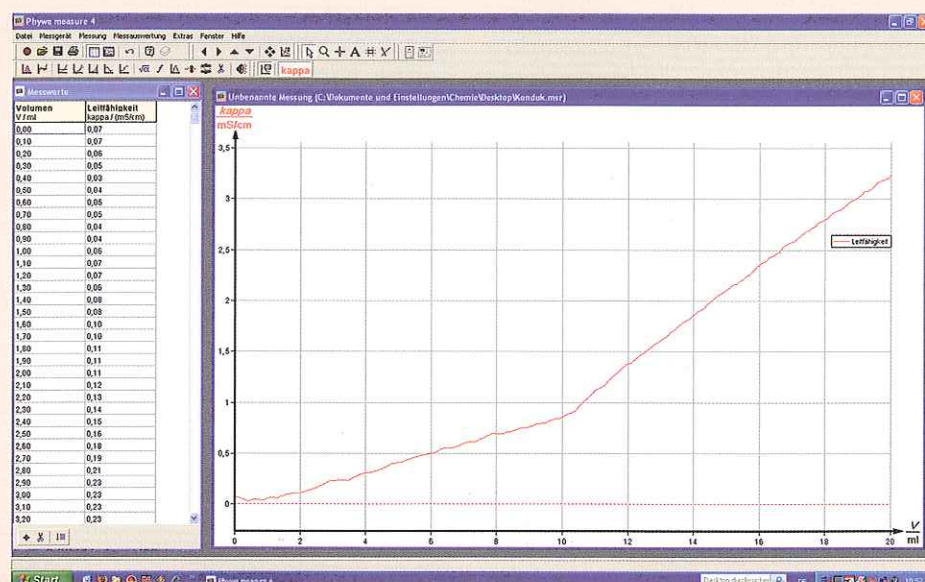


Abb. 4: Bildschirmfoto measure

Die Basisfunktionen lassen sich problemlos bedienen. Das Mobile-Link anschließen und offline durchgeführte Messungen können problemlos importiert werden. Die grafische Darstellung der Daten und deren Auswertung funktionieren intuitiv. Zahlreiche Analysemethoden stehen zur Verfügung, um den Daten auf den Grund zu gehen. Der Export der Daten ist problemlos möglich. Zusammenfassend handelt es sich um ein gutes Tool zur Be- und Verarbeitung von Daten, leider fehlt die Möglichkeit zur Erstellung von Präsentationen.

Cobra4 Mobile-Link/measure – Plus/Minus:

- + Bedienung von Gerät und Software ist einfach und intuitiv
- + Support gewährleistet
- + viele verfügbare Sensoren
- Adapterboxen notwendig
- nur ein Messparameter gleichzeitig erfassbar
- Software nur für Windows erhältlich

3.3 LabQuest

Vernier⁶ ist seit den 1980er Jahren mit elektronischen Datenerfassungsgeräten auf dem US-Amerikanischen Markt vertreten. Mit LPE7 wurde ein Vertriebspartner gefunden, der in Deutschland Vertrieb, Support und Schulungen organisiert.

Vernier bietet neben dem LabQuest als Stand-alone-Datenlogger das LabPro an. Hierbei handelt es sich um ein reines Interface, das mit einem Datensammler gekoppelt werden muss. Hier kann zum Beispiel ein Computer oder ein grafikfähiger Taschenrechner genutzt werden.

Der LabQuest - Datenlogger ist das einzige hier vorgestellte Gerät mit farbigem Touchscreendisplay. Das ist optisch sehr ansprechend, verringert aber die Akku-Laufzeit erheblich. Mit einem voll geladenen Logger kann man zwar ohne Probleme mehrere Stunden messen. Da sich der Akku im Standby-Modus langsam entlädt ist es nicht sicher, dass ein einsatzbereites Gerät vorhanden ist wenn man es braucht. Das ist aber auch schon der einzige echte Nachteil, den wir erkennen konnten. Die Bedienung ist intuitiv. Die Basisfunktionen sind sehr übersichtlich und mit dem mitgelieferten Touchpen einfach zu bedienen. Die Zusatzfunktionen sind umfangreich und die Sensorenvielfalt ebenfalls. Diese werden mittels eines universellen Steckers mit dem Logger verbunden und dort sofort erkannt. Unterschieden wird lediglich zwischen analogen (z. B. Temperatur) und digitalen (z. B. Tropfenzähler) Messsonden. Vier analoge plus zwei

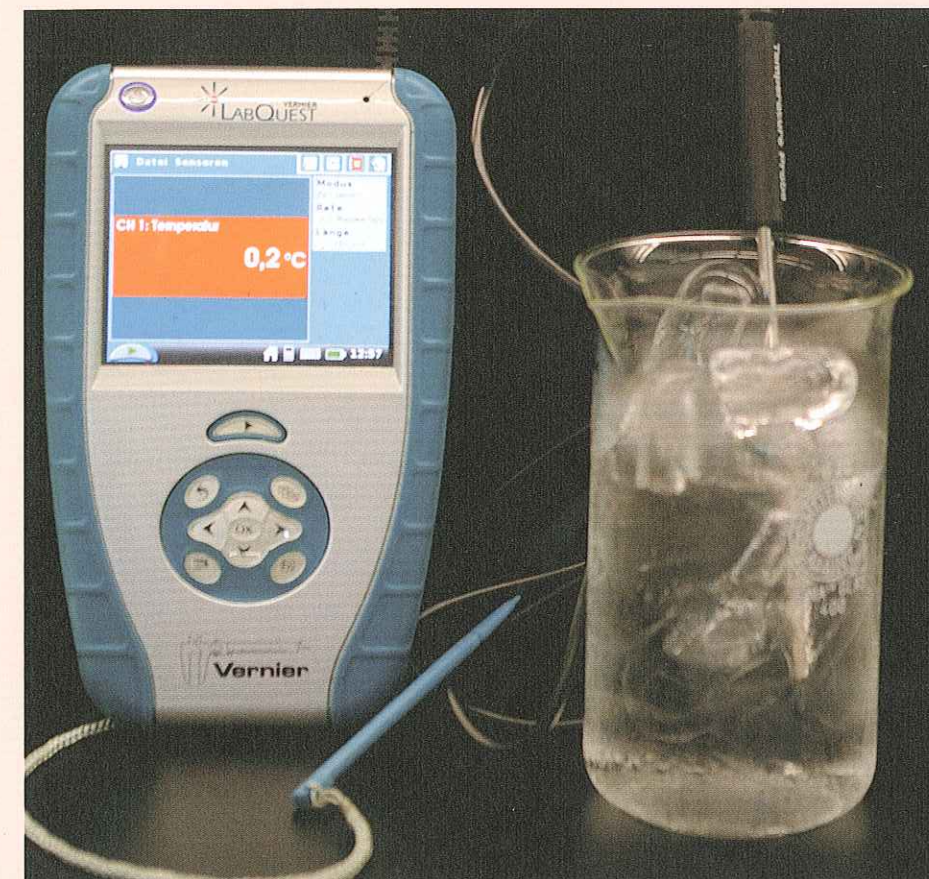


Abb. 5: LabQuest

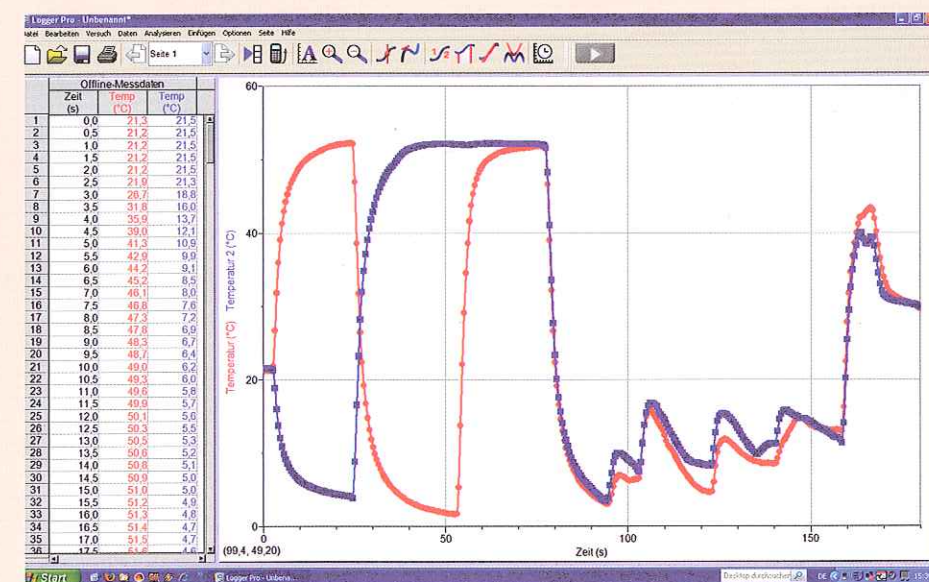


Abb. 6: Bildschirmfoto Logger Pro

digitale Messfühler, auch unterschiedlicher Parameter, können parallel betrieben werden.

Hervorstechend ist die Software „Logger Pro“. Dieses Tool lässt keine Wünsche offen. Die Interaktion mit dem angeschlossenen Gerät funktioniert automatisch. Einfache Analysefunktionen sind mit Schaltflächen zu bedienen, die über erweiterte Menüfunktionen zugänglich sind. Die Veränderung der Grafikoptionen funktioniert ebenso intuitiv, wie die

Erstellung einer Präsentation der Messergebnisse mit eingebundenem Video. Hier hat man wirklich den Eindruck als wäre die Software für die Schüler entwickelt und nicht für die Fachlehrer. Fast spielerisch bekommen die Nutzer durch die zahlreichen Funktionen, ein Gefühl für die vielfältigen Möglichkeiten ihres Computers im naturwissenschaftlichen Kontext.

LabQuest/Logger Pro – Plus/Minus:

- + Bedienung des Gerätes via Touchscreen intuitiv

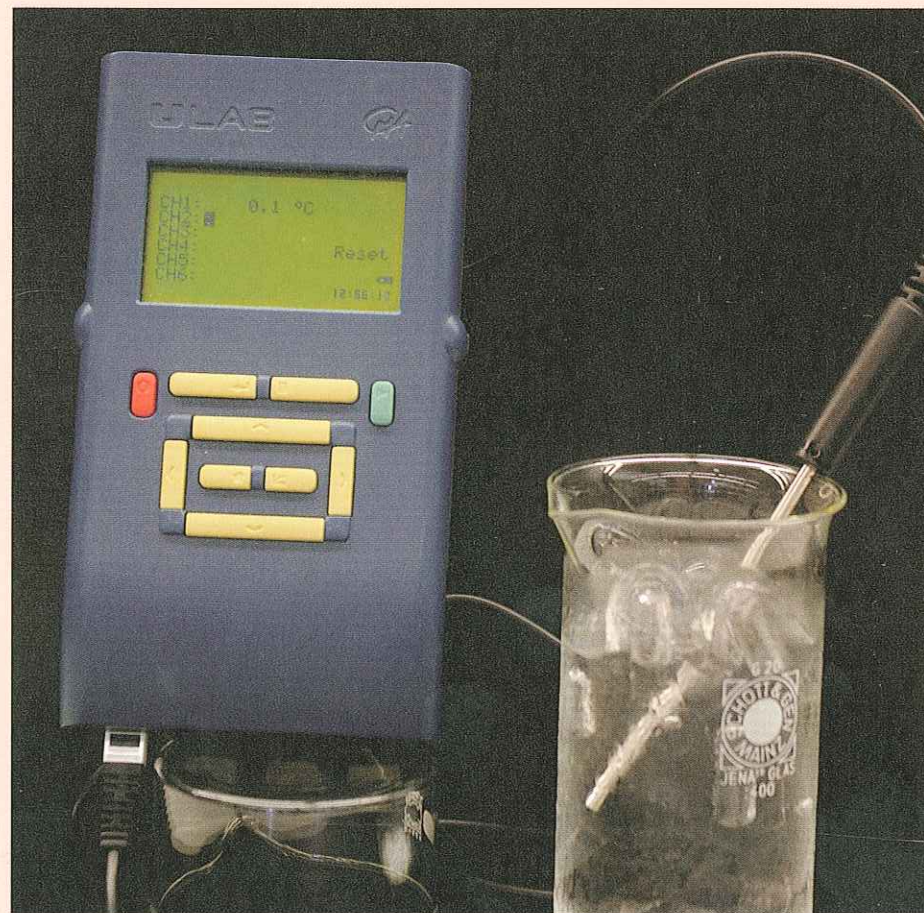


Abb. 7: ULAB

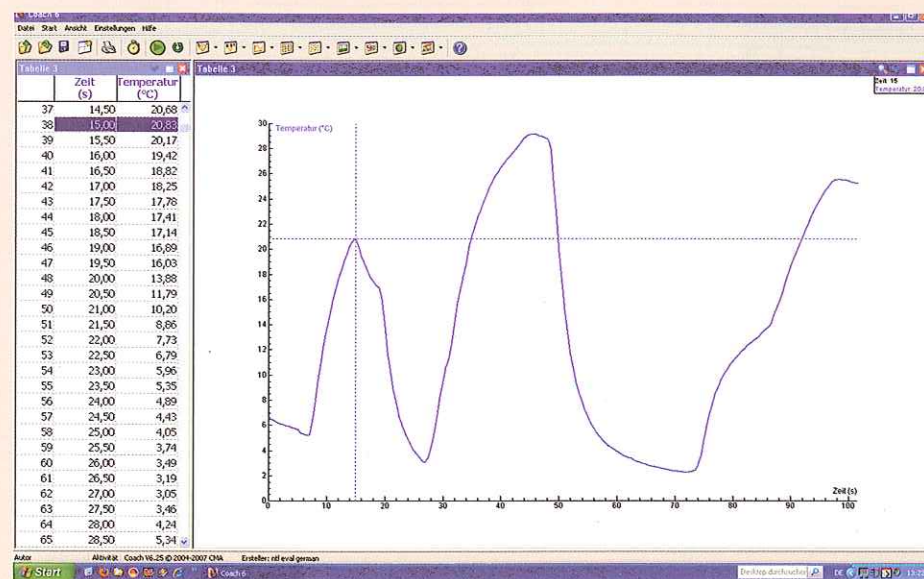


Abb. 8: Bildschirmfoto Coach6

- + Bedienung der Software intuitiv
- + Funktionsumfang der Software hervorragend
- + Support gewährleistet
- + viele verschiedene Sensoren
- + mehrere verschiedene Parameter zeitgleich messbar
- + viele Zusatzfunktionen im Gerät integriert (PSE, Taschenrechner, Notizen)
- kurze Akkulaufzeit

3.4 ULAB

Die österreichische Firma NTL⁸ hat zusammen mit dem CMA (Centre for Microcomputer Applications⁹) der Universität Amsterdam eine Geräteserie entwickelt, aus der wir für den Vergleich das ULAB ausgewählt haben.

Das Gerät selber wirkt klobig, aber dadurch robust. Die Bedienung ist einfach, die Menüführung intuitiv. Die Sensoren

werden, wie beim LabQuest, direkt mit dem Logger verbunden und sofort kann es losgehen. Bis zu vier analoge und zwei digitale Messfühler können gleichzeitig angeschlossen werden. Die Sensorvielfalt ist vorbildlich. Außerdem sind die Sensoren scheinbar kompatibel zum LabQuest, da sie identische Stecker verwenden. Ein Test mit der Temperatur-Sonde von Vernier funktionierte einwandfrei.

Problematisch ist die Beurteilung der Software „Coach6“, die in drei verschiedenen Versionen erhältlich ist. Das verwirrt zuerst den Käufer und anschließend den Anwender. Die Menüführung hier ist leider genauso verwirrend. Es ist nicht gelungen, das ULAB als Messadapter direkt am PC zu benutzen. Wir benutzten die Vollversion der Software. Auf Anfrage bei NTL wurde uns bescheinigt, dass die Coach6 Lite-Version dafür ausgelegt wäre. Bleibt zu hoffen, dass mit dem angekündigten Release des Gerätes auch die Software ein neues, anwenderfreundlicheres Gesicht bekommt. Der Import der Messdaten und deren Auswertung haben einwandfrei funktioniert. Die Einbindung von Videomaterial ist ebenfalls möglich. Dadurch eröffnen sich auch hier die Möglichkeiten, die schon beim Logger Pro von Vernier dargestellt wurden. Schade, dass das Programm nicht so schnörkellos aufgebaut ist, wie das Gerät.

ULAB Plus/Minus:

- + Bedienung ist einfach und intuitiv
- + viele verschiedene Sensoren
- + mehrere verschiedene Parameter zeitgleich messbar
- Software verwirrend

3.5 Xplorer XLS

Von den Lehrmittelanbietern Conatex¹⁰ und MODIS¹¹ wird die von Pasco¹² in den USA entwickelte Produktreihe PASPORT vertrieben. Wie bei allen vorgestellten Systemen gibt es auch hier diverse Möglichkeiten die Daten eines Messfühlers zu sammeln. Sogar einen Bluetoothadapter wird angeboten. Dieser sendet Daten des verbundenen Sensors direkt zum Computer. Computerunabhängige, akkubetriebene Datenlogger gibt es hier sogar zwei. Den Xplorer und das SPARK. Auf Anfrage bei Conatex empfahl man uns den Xplorer.

Der Xplorer wirkt in seinem halbtransparenten blauen Kunststoffgehäuse wie ein Spielzeug. Dass der erste Eindruck täuschen kann, zeigt sich nach dem Einschalten. Das Gerät überrascht mit einer recht unübersichtlichen Bedienung. Es bedurfte ein wenig Geduld und Übung,

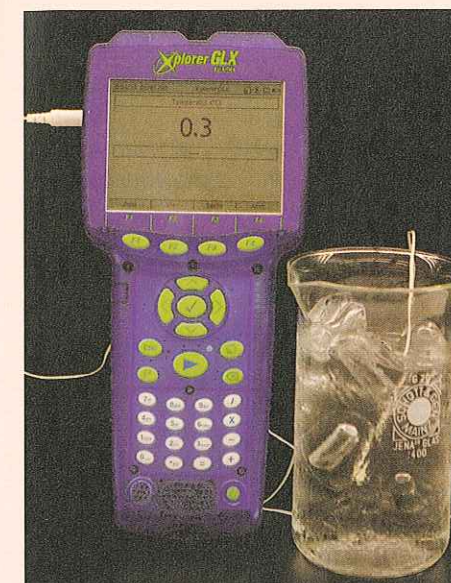


Abb. 9: Xplorer GLX

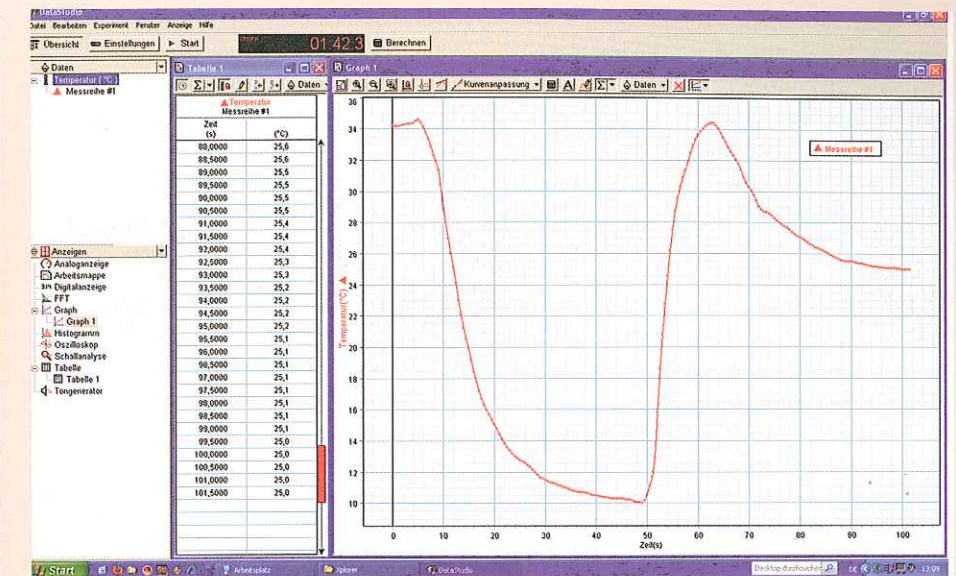


Abb. 10: Bildschirmfoto DataStudio

Gerät	CASSY Mobile	Cobra 4 Mobile-Link	LabQuest	ULab	Xplorer XLS	All-Chem-Misst II *
Bezugsquelle	LD Didactic, Hürth	Phywe, Göttingen	LPE, Eberbach	NTL, Wien, Österreich	Conatex-Didactic, Neunkirchen	Hedinger, Stuttgart
Listenpreis Datenlogger	€ 320,00	€ 328,00	€ 402,22	€ 499,00	€ 362,78	€ 1315,00
Listenpreis Temperatursonde (ca. -35 bis 135 °C)	€ 211,00 **	€ 84,00	€ 35,45	€ 17,25	Im Lieferumfang enthalten	€ 38,10 (-65 bis 550 °C)
Listenpreis Leitfähigkeitssonde	€ 290,00 ** (integr. Temp.)	€ 318,00 ** (integr. Temp.)	€ 116,14	€ 163,50	€ 122,12 **	€ 199,00
Adapter für Sensor notwendig?	ja	ja	nein	nein	ja (nicht für Temperatur)	nein
Stromversorgung	Netzteil / 4 x AA-Batterien	2 x AA-Batterien	Netzteil / Spezial-Akku	Netzteil / Spezial-Akku	Netzteil / Spezial-Akku	Netzteil
Abtastrate	5 Werte/s	1000 Werte/s	100 000 Werte/s	100 000 Werte/s	50 000 Werte/s	Keine Angaben
Interner Speicher	16 000 Meßwerte	nein	40 MB	512 kB	12 MB	500 Wertepaare
Erweiterbarer Speicher	nein	SD-Karte	SD-Karte und USB-Stick	nein	USB-Stick	nein
Besonderheiten			Touchscreen- Farbdisplay mit Grafikdarstellung		Graustufendisplay mit Grafikdarstellung	Touchscreen- display mit Grafikdarstellung
Software	CASSY Lab	measure	Logger Pro	coach	DataStudio	AK-Analytik 32.Net SE
Getestete Version	1.66	4.6.5.1	3.8.3	6.25	1.9.8r9ub	–
Preis Einzellizenz	–	–	–	€ 250,00	€ 96,03	–
Preis Schullizenz	€ 480,00 ***	€ 418,00	€ 231,06	€ 700,00	€ 331,74	€ 230,00
Windows 7 tauglich	+	+	+	+	+	+
OSx 10.6 tauglich	–	–	+	–	+	–
Linux tauglich (nicht getestet)	–	–	Beta-Version	–	–	–

* Der All-Chem-Misst II ist hier zum Vergleich aufgeführt, wurde aber aufgrund der in Punkt 2.1 begründeten Überlegungen nicht weiter berücksichtigt.
 ** Auch aufgrund des hohen Preises handelt es sich eher um ein Gerät für Vorführexperimente als für Schülermessungen.
 *** Preis für CASSY Lab 2

Tab. 1: Gegenüberstellung einiger Spezifikationen der getesteten Geräte

um dann abermals überrascht zu werden: Der Xplorer bietet einen hervorragenden Leistungsumfang von der grafischen Darstellung der Messwerte über Notizfunktion und Stoppuhr bis zu einem integrierten Taschenrechner. Es scheint, als verdanke dieser etwas schwierige Zugang zu dem Gerät seinen Namen: Mit dem Xplorer wird man tatsächlich zum Entdecker. Ist allerdings der Einstieg erst einmal geschafft, kann man ihn auch schnell mal aus dem Schrank holen um spontane Messungen durchzuführen.

Pasco setzt, wie CASSY und Cobra4, auf Adapter zwischen Logger und Sonde. Im Gegensatz zu den anderen beiden Systemen können aber vier verschiedene Sensoren gleichzeitig angeschlossen werden. Außerdem sind zwei Thermofühler ohne Adapter verwendbar.

„DataStudio“ nennt Pasco seine Analysesoftware. Intuitiv lassen sich hier alle Grafikoptionen bedienen, ebenso einfach können die Daten statistisch ausgewertet werden. Ein wesentliches Manko ist allerdings die fehlende automatische Erkennung des Gerätes. Wenn eine Software gestartet wird, die zu einem Gerät gekauft wurde, erwartet man die automatische Erkennung des Gerätes, falls es am Computer angeschlossen ist. Beim Data Studio muss es manuell angemeldet werden. Leider können auch keine Bilder oder Filme ergänzend zu den Daten eingefügt werden. Pasco Xplorer GLX – Plus/Minus:

- + Support gewährleistet
- + viele verschiedene Sensoren
- + mehrere verschiedene Parameter zeitgleich messbar
- + viele Zusatzfunktionen im Gerät integriert (Taschenrechner, Notizen)
- + Bedienung der Software intuitiv
- Bedienung anfangs gewöhnungsbedürftig
- keine automatische Erkennung des Loggers von der Software

3.6 Tabellarischer Vergleich der Geräte

Nach der Vorstellung der Geräte folgt nun ein Zahlenvergleich (Tab. 1). Die Preisunterschiede der einzelnen Logger sind längst nicht so groß, wie die der Messsonden.

Die angegebenen Preisen sind Nettokatalogpreise (Stand 01.12.2010).

4 Fazit

Alle fünf getesteten Geräte lassen sich sehr gut im naturwissenschaftlichen Unterricht einsetzen um Messwerte zu sammeln und auszuwerten. Der direkte Vergleich zeigt jedoch elementare Un-

terschiede in der Konzeption der Geräte. Besonders auffällig ist dies im Funktionsumfang der jeweiligen Software. Die einen liefern ein Werkzeug, das in der Lage ist Daten zu sammeln, darzustellen und statistisch auszuwerten. Das ist sachlich und gradlinig aber auch unkreativ. Und genau da setzen die anderen an. Hier werden Möglichkeiten angeboten, die Kreativität der Lernenden bei der Darstellung der Ergebnisse zu fordern und zu fördern, ohne die Ergebnisermittlung und -verarbeitung aus den Augen zu verlieren. Wenn dann auch noch die Handhabung des Datensammlers intuitiv genug ist um selbst ungeübte Lernern eine spontane Messung durchführen zu lassen, dann sehen wir darin das Potenzial für ein sehr gutes Lehr- Lernwerkzeug im Chemieunterricht. Genau dies ist Vernier gelungen. Beim Arbeiten mit der Logger Pro Software hatten wir das Gefühl, dass dieses Tool tatsächlich für die Zielgruppe Lernende entwickelt wurde. Geradezu spielerisch wird man geleitet. Dass es sich hierbei auch noch um die günstigste Software im Test handelt, erstaunt zusätzlich. Flankiert wird die Software von einem hervorragenden Gerät, dem LabQuest. Der Leistungsunterschied zu den anderen Geräten ist längst nicht so deutlich, wie bei der Software. Dennoch reichen die hier gemachten Erfahrungen aus um das Produkt von Vernier als ein überzeugendes Gesamtpaket beurteilen zu können. ■

Anmerkung

* Eine neue Software, CASSY Lab 2, ist inzwischen erhältlich. Die Kommentare hier beziehen sich auf die Version CASSY Lab 1.66.

Literatur

- [1] Empfehlung der Kultusministerkonferenz zur Stärkung der mathematisch-naturwissenschaftlich-technischen Bildung (2009): http://www.kmk.org/fileadmin/veroeffentlichungen_beschluesse/2009/2009_05_07-Empf-MINT.pdf (Letzter Zugriff: 08.11.2010)
- [2] H.-G. Weigang, Computereinsatz in den MINT-Fächern – Ja, natürlich, aber wie viel darf's denn sein? MNU 63(5), 259 (2010)
- [3] H.-G. Weigang und J. Langelt, Stellungnahme der GDM sowie der MNU zur „Empfehlung der Kultusministerkonferenz zur Stärkung der mathematisch-naturwissenschaftlich-technischen Bildung“. Beilage zu MNU 63 (5), 1 (2010)
- [4] M. W. Vannatta, M. Richards-Babb und S. D. Solomon Personal Multifunctional Chemical Analysis Systems for Undergraduate Chemistry, Laboratory Curricula. Journal of Chemical Education 87(8), 770 (2010)

- [5] H. Schickor, Messwerterfassung – Systeme und Anregungen (2007), <http://www.lehrer-online.de/messwerterfassungssysteme.php> (Letzter Zugriff: 08.11.2010)
- [6] Didaktik der Chemie, Universität Bayreuth: Computergestützte Messwerterfassung (2010), http://daten.didaktikchemie.uni-bayreuth.de/s_comiu/M_Messwerterfassung.htm (Letzter Zugriff: 08.11.2010)
- [7] Didaktik der Chemie, Universität Erlangen-Nürnberg: Computerunterstütztes chemisches Experimentieren (2009), <http://www.multimedia-chemieunterricht.uni-erlangen.de/versuche/> (Letzter Zugriff: 08.11.2010)

Internetadressen der Anbieter

- ¹ <http://www.hedinger.de>
- ² <http://www.kappenberg.com>
- ³ <http://gs.statcounter.com>
- ⁴ <http://www.ld-didactic.de>
- ⁵ www.phywe.de
- ⁶ <http://www.vernier.com>
- ⁷ <http://www.vernier-in-der-schule.de>
- ⁸ <http://www.ntl.at>
- ⁹ <http://www.cma.science.uva.nl>
- ¹⁰ <http://www.conatex.com>
- ¹¹ <http://www.modis-gmbh.eu>
- ¹² <http://www.pasco.com>

Anschrift der Verfasser

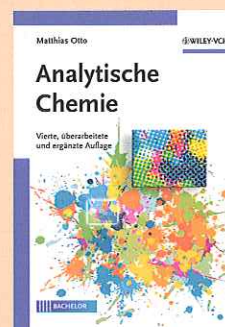
Frank Schrader und Prof. Dr. Sascha Schanze, Leibniz-Universität Hannover, Institut für Didaktik der Naturwissenschaften, Fachgebiet Chemiedidaktik, Am kleinen Felde 30, D-30167 Hannover, E-Mail: Schrader@chemiedidaktik.uni-hannover.de

BÜCHER

Analytische Chemie

Matthias Otto

4., überarbeitete und ergänzte Aufl. 2011, 674 S., Softcover, 55,00 €, Wiley-VCH Verlag, ISBN 978-3-527-32881-9



Im einleitenden Kapitel werden zunächst die Grundlagen der analytischen Chemie von der Probenahme bis hin zur Beurteilung der Zuverlässigkeit prägnant abgehandelt. Sodann wendet sich das gewichtige Werk behandelt der die klassische analytische Chemie auf der Basis der Gesetzmäßigkeiten der Reaktionstypen zu. Diese Kapitel sind eine Fundgrube für alle denkbaren Beispiele der chemischen Gleichgewichte mit einer Fülle von durchgerechneten Problemen. Hier setzt das Werk die Tradition des ersten Werkes auf exakter Grundlage von Fritz Seel fort.

Ab S. 133 beginnt die moderne apparative Analytik mit einem sehr großen Kapitel zur Spektroskopie, das alle Methoden umfassend und verständlich behandelt: Atom- und Molekülspektroskopie, NMR und Massenspektrometrie sowie ganz kurz auch noch die Radiometrie mit zusammen fast 180 Seiten. Es schließt sich das schulrelevante Kapitel zur Elektroanalytik mit vielen durchgerechneten Anwendungsbeispielen zur Nernst-Gleichung an. Zur Analytik gehören natürlich auch die Trennverfahren. Unter dem Obertitel Chromatografie werden alle bekannten Verfahren bis hin zur Elektrophorese und zu Kopplungen von Chromatografie und Spektroskopie sehr sorgfältig dargestellt.

Im letzten Drittel des Buches werden die Chemometrie und die Automatisierung von Analyseverfahren ausführlich abgehandelt, bevor auch auf moderne Spezialgebiete wie die Bioanalytik sowie Umwelt- und Materialanalytik eingegangen wird. Bei der Bioanalytik bleibt kein

Gebiet unerwähnt, selbst den DNA-Chips wird ein kurzes Kapitel gewidmet.

Zu jedem Kapitel gibt es zusätzlich Aufgabenbeispiele mit Lösungen sowie ein Literaturverzeichnis.

Im Anhang finden sich sehr ausführliche Tabellen zur Gleichgewichtsdaten und Potenzialen, die Handbuchcharakter haben.

Ein sehr empfehlenswertes Lehrbuch, das in keiner Schulbücherei und im Handapparat zur Unterrichtsvorbereitung fehlen sollte. Es eignet sich insbesondere für Referate und besondere Lernleistungen als Nachschlagewerk sowie als Aufgabenfundus für chemische Gleichgewichte. Der Preis ist bei dem Umfang und der Qualität in Ordnung.

Peter Heinzerling

Chemie querbeet und reaktiv

Basisreaktionen mit Alltagsprodukten

Georg Schwedt

1. Auflage 2011, XI, 154 S., Softcover, 24,90 €, Wiley-VCH Verlag, ISBN 978-3-527-32910-6



Die Schreibwut von Georg Schwedt ist ungebrochen und so erschien im Jahr 2011 als Nr. 3 von 4 ein Werk aus der Kategorie Chemie mit Alltagsprodukten. Wie schafft ein Autor so etwas? In diesem Bändchen ist das Produktionsmuster klar: Viele Zitate aus historischen Büchern – sie machen alleine 25% des Umfangs aus – und eine neue Anordnung und Interpretation von überwiegend bereits in den beiden Bänden zu den Supermarktprodukten zu findenden Experimenten. Sie werden nunmehr der klassischen chemische Systematik zugeordnet. Der Text wird reichlich gewürzt mit Historie und Anekdoten, so dass ein vorgebildeter Leser dieses Buch in ca. vier Stunden durchlesen kann.

Es beginnt mit grundlegenden chemischen Gesetzmäßigkeiten zum Gleich-

Heinz Schmidkunz † verstorben

Mit Bestürzung und großer Trauer haben wir erfahren, dass Prof. Dr. Heinz Schmidkunz, Universität Dortmund, am 1. April plötzlich und unerwartet verstorben ist.

Prof. Dr. Schmidkunz hat die Chemiedidaktik über Jahrzehnte prägend mit gestaltet, nicht nur über das forschend-entwickelnde Unterrichtsverfahren, das mit seinem Namen sowie dem des Kollegen Lindemann verbunden ist, sondern auch über eine außerordentlich große Anzahl an Vorträgen, Lehrerfortbildungen sowie Publikationen als Autor und Herausgeber. Wir verlieren mit ihm einen sehr engagierten Kollegen und eine menschlich hoch integere und integrative Persönlichkeit.

In einer nächsten PdN-ChiS-Ausgabe finden Sie einen ausführlichen Nachruf auf Prof. Dr. Heinz Schmidkunz.

gewicht und zur Kinetik. Dann beginnt eine etwas eigenwillige Anordnung unter Vermischung von chemischen und physikalischen Vorgängen (Säure-Base-Reaktionen; Gasentwicklungen, Fällungsreaktionen, Lösevorgänge in Wasser und organischen Lösemitteln, Redoxreaktionen, Komplexreaktionen, Enzymatische Reaktionen). Insgesamt 67 Experimente werden vorgeschlagen und gedeutet. Das Buch schließt ab mit einer kurzen Erläuterung des Pearson-Konzeptes der harten und weichen Säure und Basen, das aus einem Klassiker der 1970er Jahre referiert wird.

Wirklich neue Experimente sind nur ganz wenige zu finden. Bei beschriebenen technischen Prozessen sollte der heutige Stand der Technik nicht unerwähnt bleiben, so z. B. beim Wasserstoffperoxid. Bei der Übernahme von Experimenten aus älteren Werken muss unbedingt darauf geachtet werden, dass sich Inhaltsstoffe inzwischen geändert haben. So darf aus toxischen Gründen in Wasch- und Reinigungsmitteln schon lange kein Perborat mehr eingesetzt werden und damit entfällt auch der entsprechender Aktivator.

Das Buch ist zu empfehlen, wenn man die beiden Standardwerke zu Alltagsprodukten des gleichen Autors noch nicht besitzt. Allerdings weist es dann natürlich Stofflücken auf. Der Preis erscheint vergleichsweise sehr hoch.

Peter Heinzerling